



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



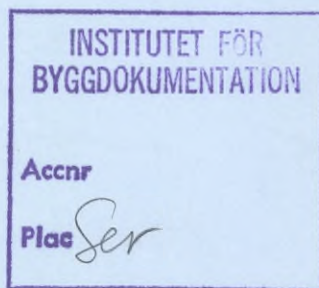
Rapport

R59:1987

Energimätning i flerbostadshus

Installationer

Bertil Fredlund



Byggforskningsrådet

R59:1987

ENERGIMÄTNING I FLERBOSTADSHUS

Installationer

Bertil Fredlund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830327-0 från Statens råd för byggnadsforskning till Lunds tekniska högskola, Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lund.

REFERAT

Rapporten redovisar mätresultat och slutsatser av byggnadstekniska och installationstekniska energisparåtgärder inom de s k energiparkvarteren i Malmö under perioden 1981 - 1985. Berörda fastigheter är uppförda mellan 1950 och 1968.

Syftet med projektet är att dokumentera energisparmöjligheterna och belysa de hinder och problem som genomförandet av energisparåtgärderna innebär.

De av konsulterna kalkylerade besparingsmöjligheterna på 30 - 35% inom kv Hussvalan och kv Erikstorp har visat sig vara alltför optimistiska. Kalkylerna bygger i första hand på kraftiga rumstemperatursänkningar som skulle möjliggöras genom 3:e rutan och enkla tätningsåtgärder. Den högsta besparing som uppnåddes för kv Hussvalan var 12% och för kv Erikstorp 6%.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R59:1987

ISBN 91-540-4729-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

INNEHÅLL

Figurförteckning	6
Tabellförteckning	11
1 FÖRORD	14
2 SAMMANFATTNING	16
3 METODBESKRIVNING	20
4 OBJEKTBESKRIVNING	23
4.1 Byggnadsteknisk beskrivning	23
4.1.1 Kv Erikstorp 4	23
4.1.2 Kv Hussvalan 2 och 3	24
4.1.3 Kv Sörbäck och Norrbäck	26
4.2 Installationsteknisk beskrivning	27
4.2.1 Kv Erikstorp 4	27
4.2.2 Kv Hussvalan 2 och 3	27
4.2.3 Kv Sörbäck och Norrbäck	28
4.3 Hyresgäster	29
5 ÅTGÄRDSPROGRAM	31
6 MÄTPROGRAM	35
6.1 Mätperioder	35
6.2 Mätmetod, mätstorheter och givarplacering	38
6.3 Mätutrustning	46
6.4 Bearbetning av data	50
6.5 Hinder och problem	52
7 MÄTRESULTAT	54
7.1 Hussvalan	54
7.1.1 Energistatistik	54
7.1.2 Uppmätta effekter, temperaturer och radiator- flöden, kv Hussvalan	58
7.1.3 Normalårsförbrukning, kv Hussvalan	65
7.1.4 Luftomsättning, kv Hussvalan	68

7.2	Erikstorp	69
7.2.1	Energistatistik, kv Erikstorp	69
7.2.2	Uppmätta effekter och temperaturer, kv Erikstorp	72
7.2.3	Normalårsförbrukning, kv Erikstorp	75
7.2.4	Luftomsättning, kv Erikstorp	76
7.3	Kroksbäck	77
7.3.1	Energistatistik	77
7.3.2	Uppmätta effekter och temperaturer	78
7.3.3	Normalårsförbrukning, Kroksbäck	81
7.3.4	Värmepumpar - värmefaktorer, Kroksbäck	81
7.4	Utetemperatur	86
8	ANALYS AV MÄTRESULTAT	87
8.1	Mätnoggrannhet	87
8.2	Kulvert- och undercentralsförluster	91
8.3	Transmissionsförluster, ventilationsförluster och gratisenergi, kv Hussvalan	93
8.4	Transmissionsförluster, ventilationsförluster och gratisenergi, kv Erikstorp	98
9	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	101
9.1	Undersökningsmetod	101
9.2	Genomförandeproblematik och informationsfrågor	101
9.3	Resultat kv Hussvalan	102
9.3.1	Utvärderingsperioder, kv Hussvalan	102
9.3.2	Energibesparing, kv Hussvalan	103
9.3.3	Avställning av värmesystemet sommartid, kv Hussvalan	105
9.3.4	Termostatventiler, kv Hussvalan	105
9.3.5	Kulvertförluster, kv Hussvalan	105
9.3.6	VVC-förluster och tappvarmvattenenergi, kv Hussvalan	106
9.3.7	Möjliga energibesparingar, kv Hussvalan	106
9.4	Resultat kv Erikstorp	107
9.4.1	Utvärderingsperioder, kv Erikstorp	107
9.4.2	Energibesparing, kv Erikstorp	107
9.4.3	Avställning av värmesystem sommartid, kv Erikstorp	108
9.4.4	Termostatventiler, kv Erikstorp	108

9.4.5	VVC-förluster och tappvattenenergi, kv Erikstorp	109
9.4.6	Möjliga energibesparingar, kv Erikstorp	109
9.5	Resultat Kroksbäck	110
9.5.1	Utvärderingsperioder, Kroksbäck	110
9.5.2	Energibesparing, Kroksbäck	110
9.5.3	Värmepumpar, Kroksbäck	110
10	KOMPLETTERANDE MÄTNINGAR KV HUSSVALAN 84/85	112
10.1	Bakgrund	112
10.2	Mätförfarande och mätutrustning	112
10.3	Mätresultat veckoavläsningar	113
10.4	Mätresultat timmätningar	115
11	REFERENSER	120

Figurförteckning

- FIG.3.1 Radiatorenergi före resp efter åtgärd som funktion av utetemperatur
- FIG.4.1 Energisparkvarter i Malmö
- FIG.4.2 Kv Erikstorp 4, Malmö
- FIG.4.3 Kv Hussvalan, Malmö
- FIG.4.4 Kv Sörbäck och Norrbäck, Malmö
- FIG.4.5 Kulvertsystem för värme och varmvatten inom kv Hussvalan
- FIG.5.1 Byggnadstekniska energisparåtgärder för kv Hussvalan, plan och sektion
- FIG.5.2 Byggnadstekniska energisparåtgärder för kv Erikstorp, plan och sektion
- FIG.5.3 Byggnadstekniska energisparåtgärder för kv Sörbäck och Norrbäck, plan och sektion
- FIG.6.1 Tidplan för energisparkvarter, Malmö
- FIG.6.2a Principschema över energi- och temperaturmätningar i kv Hussvalan
- FIG.6.2b Principschema över energi- och temperaturmätningar i kv Erikstorp
- FIG.6.3 Sammanställning över temperaturgivarnas placering i lägenheter i kv Hussvalan
- FIG.6.4 Sammanställning över temperaturgivarnas placering i frånluftskanaler i kv Erikstorp

- FIG.6.5 Utrustning för mätning av lägenhetstemperatur,
s k TT-mätare
- FIG.6.6 Centralenhet för registrering av 8 st lägenhets-
medeltemperaturer, spänningsförsörjning av TT-mätare
samt registrering av drifttiden för TT-mätare.
- FIG.7.1 Total energiförbrukning, kv Hussvalan, exkl hus-
hållsel och fastighetsel. Redovisat medelvärde och
standardavvikelse avser eldningsåren 74/75-82/83.
Streckad stapel avser kalenderåret 83 till 84 då
samtliga energisparåtgärder är genomförda.
- FIG.7.2 Effekt som funktion av tiden för samtliga i kv Hus-
svalan ingående hus. Numrerade områden anger tidspe-
rioder använda vid utvärderingen.
- FIG.7.3 Innetemperatur som funktion av tiden för samtliga i
kv Hussvalan ingående hus. Numrerade områden anger
tidsperioder använda vid utvärderingen.
- FIG.7.4 Radiatorflöde som funktion av tiden för samtliga i
kv Hussvalan ingående hus. Numrerade områden anger
tidsperioder använda vid utvärderingen .
- FIG.7.5 Radiatorflöde som funktion av innetemperatur för hus
B under period 3
- FIG.7.6 Innetemperaturen som funktion av utetemperaturen för
hus B under period 4
- FIG.7.7 Radiatorflöde som funktion av innetemperatur för hus
B under period 5
- FIG.7.8 Radiatoreffekt som funktion av utetemperatur för hus
A under samtliga studerade perioder

- FIG.7.9 Total energiförbrukning, kv Erikstorp, exkl hushållsel och fastighetsel. Redovisat medelvärde avser eldningsåren 74/75 t o m 82/83. Streckad stapel avser kalenderåret 83 till 84 då samtliga energisparåtgärder är genomförda.
- FIG.7.10 Radiatoreffekt som funktion av tiden, kv Erikstorp. Tidsperiod A motsvarar föremättningsperiod och tidsperiod B eftermättningsperiod.
- FIG.7.11 Innetemperatur som funktion av tiden, kv Erikstorp. Tidsperiod A motsvarar föremättningsperiod och tidsperiod B eftermättningsperiod.
- FIG.7.12 Medeltemperatur inne som funktion av utetemperatur, kv Erikstorp. Heldragen linje avser föremätning och streckad eftermätning.
- FIG.7.13 Radiatoreffekt som funktion av utetemperatur, kv Erikstorp. Heldragen linje avser föremätning och streckad eftermätning.
- FIG.7.14 Total energiförbrukning, Kroksbäck, exkl hushållsel och fastighetsel. Heldragen linje avser Sörbäck med hus 9 och 10 och streckad linje avser Norrbäck med hus 3 och 4.
- FIG.7.15 Frånluftstemperatur och lägenhetstemperatur som funktion av tiden. Heldragen linje frånluftstemperatur hus 3, prickad linje lägenhetstemperatur hus 3 och streckad linje frånluftstemperatur hus 4.
- FIG.7.16 Frånluftstemperatur i hus 9 och 10 som funktion av tiden. Heldragen linje hus 9 och prickad linje hus 10.
- FIG.7.17 Radiatoreffekt som funktion av utetemperaturen. Heldragen linje hus 3 och streckad linje hus 4.

FIG.7.18 Radiatoreffekt som funktion av utetemperaturen.
Heldragen linje hus 9 och streckad linje hus 10.

FIG.7.19a Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump
i hus 3 som funktion av tiden.

FIG.7.19b Värmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 3 som
funktion av tiden

FIG.7.20a Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump
i hus 4 som funktion av tiden

FIG.7.20b Värmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 4 som
funktion av tiden

FIG.7.21a Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump
i hus 9

FIG.7.21b Värmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 9 som
funktion av tiden

FIG.7.22 Utetemperaturen i Malmö under perioden 1981-1983
enligt SMHI

FIG.8.1 Kalibrering av utomhusgivare, kv Hussvalan

FIG.8.2 Jämförelse av kalibrerad utegivare för kv Hussvalan
med utetemperatur i Malmö enligt SMHI

FIG.8.3 VVC-effekt som funktion av utetemperatur

FIG.8.4 Restposten fjärrvärme-vv-vvc-radiator som funktion
av utetemperaturen

FIG.8.5 Årsenergibalans, kv Hussvalan, under ett normalår
1951-1980 med innetemperaturen 22.5°C efter
åtgärd

FIG.8.6 Årsenergibalans, kv Erikstorp, under ett normalår
1951-1980 med innetemperaturen 23.5°C

- FIG.10.1 Vattenflödets variation till radiatorsystemen i hus A och C.
- FIG.10.2 Framledningstemperaturen som funktion av utetemperaturen med nattsänkning.
- FIG.10.3 Framledningstemperaturen som funktion av utetemperaturen med nollställd nattsänkning.
- FIG.10.4 Framledningstemperaturen som funktion av utetemperaturen med mekaniskt bortkopplad nattsänkning och utegivarens placering på ca 50 mm avstånd från fasad.
- FIG.10.5 Radiatoreffekt som funktion av utetemperaturen i hus A med mekaniskt bortkopplad nattsänkning och utegivarens placering på ca 50 mm avstånd från fasad.

Tabellförteckning

- TAB.4.1 Kv Erikstorp, antal lägenheter och lokaler samt lägenhetsytor och lokalytor, 1983
- TAB.4.2 Kv Hussvalan, antal lägenheter och lokaler samt lägenhetsytor och lokalytor
- TAB.4.3 Befolkningsstatistik 1981
- TAB.4.4 Befolkningsstatistik 1982
- TAB.4.5 Befolkningsstatistik 1983
- TAB.5.1 Sammanställning av åtgärder för berörda hus
- TAB.6.1 Sammanställning av mätpunkter
- TAB.7.1 Total energiförbrukning, kv Hussvalan, exkl hushållsel och fastighetsel
- TAB.7.2 Kv Hussvalan, fjärrvärmeförbrukning för perioden 830101-831231 med uppdelning på delposter
- TAB.7.3 Kv Hussvalan, förbrukningsstatistik för perioden 830101-831231
- TAB.7.4 Normalårsförbrukning i MWh 1951-1980, kv Hussvalan. Övre rad inom resp hus anger förbrukning med cirkulationspump igång under juni, juli och augusti och undre rad med cirkulationspump avstängd under samma period, dvs nollförbrukning under dessa månader. Värdet inom parentes gäller motsvarande förbrukning i kWh/m² BLY+LLY.

- TAB.7.5 Energibesparing i MWh för normalåret 1951-1980, kv Hussvalan. Övre rad inom resp hus anger förbrukning med cirkulationspump igång under juni, juli och augusti och undre rad med cirkulationspump avstängd under samma period, dvs nollförbrukning under dessa månader.
- TAB.7.6 Inomhustemperaturer, kv Hussvalan, redovisat för samtliga hus A-E under utvärderingsperioderna 1-5. Värden inom parentes avser standardavvikelse.
- TAB.7.7 23 lägenheter med i medeltal en luftomsättning av 0.37 h^{-1} och en standardavvikelse på 0.14. Maximal omsättning är 0.65 och minsta 0.17.
- TAB.7.8 Total energiförbrukning, kv Erikstorp, exkl hus-hållsel och fastighetsel.
- TAB.7.9 Kv Erikstorp, fjärrvärmeförbrukning för perioden 830101-831231 med uppdelning på delposter.
- TAB.7.10 Kv Erikstorp, förbrukningsstatistik för perioden 830101-831231.
- TAB.7.11 Normalårsförbrukning i MWh 1951-1980, kv Erikstorp. Övre rad inom resp hus anger förbrukning med cirkulationspump igång under juni, juli och augusti och undre rad med cirkulationspump avstängd under denna period, dvs nollförbrukning under dessa månader. Värden inom parentes gäller motsvarande förbrukning i kWh/m^2 BLY+LLY.
- TAB.7.12 Energibesparing i MWh för normalåret 1951-1980, kv Erikstorp. Övre rad inom resp hus anger förbrukning med cirkulationspump igång under juni, juli och augusti och undre rad med cirkulationspump avstängd under samma period, dvs nollförbrukning under dessa månader.

- TAB.7.13 Sammanställning över genomförda luftomsättningsmätningar i 7 lägenheter, kv Erikstorp.
- TAB.7.14 Beräknad normalårsförbrukning 1951-1980, Kroksbäcksområdet. Uppgifterna avser enbart radiatorenergi.
- TAB.8.1 Sammanställning av kalibrering av värmemängdsmätare, temperaturgivare och vattenmätare.
- TAB.8.2 Korrektionstermer till energimätare och korrigerad förbrukning enligt TAB.7.4 och 7.11 i kv Hussvalan och Erikstorp för före- och eftermätningar under ett normalår 1951-1980.
- TAB.8.3 Sammanställning, fjärrvärmeförbrukning före och efter åtgärd för hela kv Hussvalan.
- TAB.8.4 Specifika förluster och parallellförskjutning från origo, kv Hussvalan.
- TAB.8.5 Areor, k-värden och summa kA för fönster och vindsbjälklag för kv Hussvalan före och efter åtgärd.
- TAB.8.6 Areor, k-värden och summa kA för vindsbjälklag och fönster före och efter åtgärd, kv Erikstorp.
- TAB.10.1 Normalårsförbrukning i MWh för kv Hussvalan beräknad utifrån uppmätta samband under perioden 1985 vecka 1 till och med 20. Övre rad inom resp hus anger förbrukning med cirkulationspump igång hela året och undre rad med cirkulationspump stängd juni till och med augusti. Värden inom parentes anger förbrukning i kWh/m^2 . Energiförbrukningarna jämförs med tidigare mätperiod 5.

1 FÖRORD

Byggforskningsrådet (BFR) har, under perioden 1981-1985, finansierat byggforskningsprojekt, s k Energisparkvarter, på åtta orter i landet.

Syftet med Energisparkvarteren är dels att dokumentera energisparmöjligheter, genom enklare och vanligen förekommande energisparåtgärder, dels redovisa de med genomförandet förenade svårigheterna och hindren samt dels att använda projekten som informations- och demonstrationsobjekt i den kommunala energiverksamheten.

Utvärderingen sker i såväl tekniskt som ekonomiskt hänseende, varvid beaktas såväl produktions- som driftskedet. För att verifiera uppnådda besparingar genomföres såväl före- som eftermätningar.

I föreliggande rapport redovisas de av institutionen för Byggnadskonstruktionslära genomförda mätningar och härur dragna slutsatser för energisparkvarteren i Malmö. För övrig utvärdering av teknisk och ekonomisk art hänvisas till rapport författad av Malmö kommuns fastighetskontor och konsulterna VVS-Teknik AB, Kjell Magnusson AB samt Bygg-Info.

De av Malmö Kommunala Bostadsbolag upplåtna fastigheterna ingår i kv Hussvalan, kv Erikstorp, kv Norrbäck och kv Sörbäck, de båda sistnämnda inom Kroksbäcksområdet. Fastigheterna innehåller 5 byggnader (ca 108 lgh), 1 byggnad (ca 23 lgh) resp 8 byggnader (ca 570 lgh). Hälften av de sistnämnda har utgått ur projektet under projekttiden på grund av de, 1981, omfattande miljöförbättrande åtgärderna och därav föranledda omflyttningar av hyresgästerna, vilket förhindrat föremätningar.

Projektet har genomförts av den inom institutionen för Byggnadskonstruktionslära inrättade Mätgruppen. Mätgruppens personal är för närvarande ingenjörerna Hans Follin, Egon Lange, Urban Lundh och Tomas Olsrud. Närmast ansvarig för gruppens verksamhet är Bertil Fredlund.

Inom projektet har speciellt följande personer medverkat.

Folke Jakobsson, MKB, har med stor noggrannhet och punktlighet genomfört de manuella avläsningarna under ca 3 år.

Hans Follin, Egon Lange och Urban Lundh har hjälpt till med installation av mätutrustning och utvärderingsarbete.

Marianne Abrahamsson har renskrivit manuskriptet.

Lund i juli 1985

Bertil Fredlund

2 SAMMANFATTNING

Rapporten redovisar mätresultat och slutsatser av byggnadstekniska och installationstekniska energisparåtgärder inom de s k energisparkvarteren i Malmö under perioden 1981-1985. Berörda fastigheter är uppförda mellan 1950 och 1968.

Syftet med projektet är att dokumentera energisparmöjligheterna och belysa de hinder och problem som genomförandet innebär.

I kapitel 3 redogörs för vald mät- och utvärderingsmetod och i kapitel 4 redovisas mätobjekten byggnadstekniskt och installationstekniskt.

Kapitel 5 beskriver de av byggnads- och vvs-konsulterna valda åtgärdsprogrammen för respektive hus. Åtgärderna är av relativt enkel art, såsom tilläggsisolering av vindsbjälklag, inmontering av tredje ruta i befintliga bågar, tätningslister och tätningar mellan karm och smyg samt sänkt rumstemperatur. De vvs-tekniska åtgärderna omfattar cirkulationspump som stoppas sommartid, sänkt tappvarmvattentemperatur, montering av termostatventiler och injustering av värmesystem. För Kroksbäcksområdet har miljöförbättrande åtgärder utförts med bland annat omfattande ombyggnad. Som energisparande delar ingår fasadisolering och installation av värmepumpar. Åtgärderna inom dessa fastigheter har ej kunnat utvärderas på grund av omflyttningar av hyresgäster och långt utdragna ombyggnadsarbeten som förhindrat föremätningar.

I kapitel 6 redogörs för fältmätningarnas omfattning med redovisning av mätperioder, mätmetod, mätta storheter och givarplacering. Därefter redovisas använd mätutrustning och slutligen beskrivs hur bearbetningen av mätdata har genomförts.

Mätresultaten redovisas detaljerat i kapitel 7 med uppdelningen energistatistik under perioden 74-83, uppmätta temperaturer, effekter samt radiatorflöden (veckomedelvärden), normalårsförbrukning och luftomsättningar.

I kapitel 8 analyseras resultaten med avseende på mätfel samt

jämförs med teoretiskt möjliga besparingar.

Projektet sammanfattas och resultaten diskuteras i kapitel 9. Resultaten kan sammanställas i följande tabeller.

För kv Hussvalan gäller följande sammanställning.

Förbrukningsperiod	Förbrukning) kWh/m ² år	Medeltemp °C	Besparing i förhållande till statistik %
Statistik			
78/79, 79/80, 80/81	250	-	0
period 1			
höst 81	278	22.9	+11
period 2			
vinter-vår 82	253	22.8	+1
period 3			
höst 82-vinter 82/83	241	22.2	-4
period 4			
vår 83	221	22.3	-12
period 5			
höst 83	259	23.1	+4

*) Lägenhetsyta + lokallägenhetsyta = 6190 m², mätfelskorrigering +1.2%.

Teoretiskt bör vindsisoleringen och fönsterförbättringen ge en sänkning av energiförbrukningar med ca 32 kWh/m², år motsvarande 13% av fjärrvärmestatistiken.

Varje grads temperatursänkning motsvarar besparingen 15 kWh/m², år eller 6% av fjärrvärmestatistiken. Den totala besparingseffekten är således drygt 81% av den teoretiskt möjliga, beräknat som skillnad mellan period 2 och 4.

För kv Erikstorp gäller följande sammanställning

Förbrukningsperiod	Förbrukning kWh/m ² ,år *	Medeltemp °C	Besparing %
period A (våren 82)	183	23.7	0
period C (hösten 83)	173	23.6	6

* Lägenhetsyta = 1397 m²

Det kan konstateras att besparingen är endast blygsamma 6% i förhållande till föremättningsperioden. Besparingen genom sänkta transmissionsförluster med hjälp av den 3:e rutan och vindsisoleringen skulle teoretiskt uppgå till ca 13% av årsförbrukningen. Dvs endast ca halva effekten av åtgärderna har kunnat uppmätas. För varje grads sänkning av innetemperaturen blir reduktionen i energiförbrukningen ca 12 kWh/m²,år eller ca 6%.

För Kroksbäcksområdet inom Sörbäck har förbrukningen mellan eldningsåren 77/78 till och med 80/81 varit 100±10 kWh/m²,år och för Norrbäck 145±25 kWh/m²,år. Under eftmätningsperioden har förbrukningen uppskattats, med hjälp av mätningar, till 90 kWh/m²,år för Sörbäck vid uppmätt innetemperatur 20.2 °C och för Norrbäck 105 kWh/m²,år vid innetemperatur 21.2-22.0 °C.

För de inom Kroksbäcksområdet installerade värmepumparna har nedanstående prestanda uppmätts

Hus	Värmefaktor	Drifttid	Anm
3	2.5	80%	klaras 35% av uppvärmningsbehovet
4	1.2	50%	Bristfällig funktion
9	3.1-3.3	74%	Klaras hela tappvattenproduktionen

De av konsulterna kalkylerade besparingsmöjligheterna på 30-35 % inom kv Hussvalan och kv Erikstorp har visat sig vara alltför optimistiska. Kalkylerna bygger i första hand på kraftiga rumstemperatursänkningar som skulle möjliggöras genom 3:e rutan och enkla tätningsåtgärder. Teoretiskt skulle en knappt 30% besparing inom kv Hussvalan och drygt 35% besparing inom kv Erikstorp vara möjlig om veckomedeltemperaturen kunde tillåtas sänkas från 22.8 °C resp 23.7 °C till 20 °C. Denna lägre medeltemperaturnivå innebär rumstemperaturer under 20 °C under ca halva dygnet och att vissa lägenheter under stora delar av veckan aldrig skulle uppnå 20 °C under eldnings-säsong. Temperaturnivån 22 °C bedöms som en rimlig rumstemperatur inom dessa äldre fastigheter.

I kapitel 10 redovisas resultaten från kompletterande mätningar som genomförts under perioden dec 84 till och med juni 85 inom kv Hussvalan. Resultaten visar att nivån för energiförbrukningen ligger i stort sett på den som konstaterats våren 83, dvs en besparing på drygt 10% jämfört med statistiken mellan åren 78-81.

3 METODBESKRIVNING

Metoden för utvärdering av energibesparande åtgärder karakteriseras som före-efter-experiment. Valet är i detta fall i praktiken begränsat till denna metod eftersom undersökt husbestånd är begränsat (för Erikstorp ett hus) och samtliga hus genomgår permanenta förändringar av bl a byggnadstekniska åtgärder. Mätperioderna för de olika kvarteren varierar i längd eftersom samtliga åtgärder i hela husbeståndet av praktiska skäl ej kunnat genomföras samtidigt. Dock gäller att före- och eftermätperioderna är minst 1/2 eldningsssäsong.

Vid utvärdering av före-efterexperiment gäller generellt att energibalansen för byggnaderna skall jämföras mellan två tidsperioder under vilka klimatförhållanden och andra variabler ej varit lika. Härav följer att en modell för att beskriva energibalansen för byggnaderna måste väljas så att skillnader i klimatpåverkan kan korrigeras.

Bland övriga variabler som har stor betydelse för utvärderingen är boendeinverkan. Faktorer som positiv eller negativ inställning till experimentet eller snabba ändringar i inomtemperatur kan undanröjas genom information till de boende resp långsam övergång till lägre temperatur. Svårare är det dock att utvärdera betydelsen av minskad vädring till följd av lägre inomtemperatur. Ändrat boendeinflytande pga omflyttningar har kontrollerats genom antal fall med ändrad folkbokföring.

Modellen för klimatkorrigerig av klimatdata karakteriseras av att uppmätta energiförbrukningar för före- och efterperiod omräknas till ett normalår. Härvid skall de klimatberoende energiandelarna, varmvatten och varmvattencirkulation behandlas som konstanter. Energi för varmvatten är dock något säsongsberoende och kan beräknas med kännedom om kallvattentemperatur.

Genom att konstruera sambandet mellan energi till radiatorsystem och utetemperatur före- resp eftermättningsperioden erhålls med god approximation två rätlinjiga samband (funktion av reglerkurvor) vilka beskriver husets energiförbrukning före och

efter vidtagna åtgärder, se FIG.3.1.

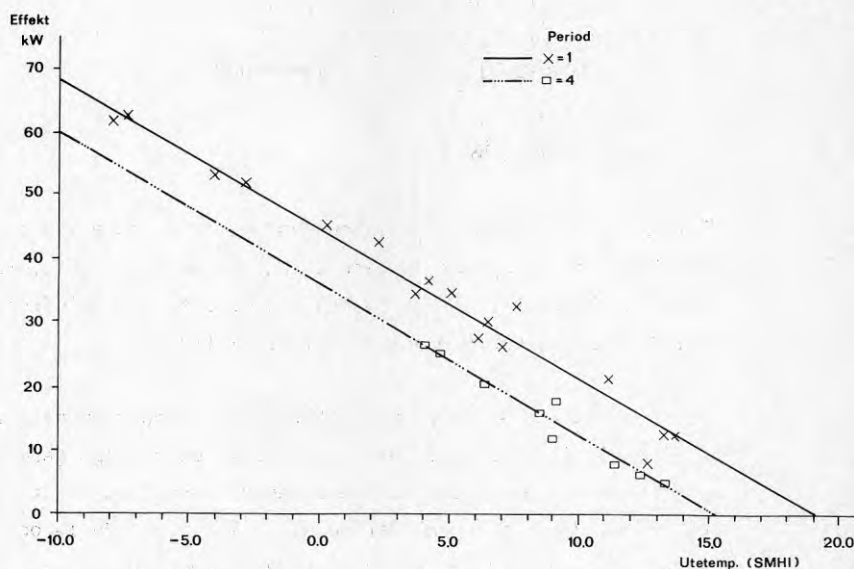


FIG.3.1 Radiatorenergi före resp efter åtgärd som funktion av utetemperatur.

Energiåtgången för ett normalår beräknas härur genom att summera energiåtgången i de två fallen vid givna månadsmedeltemperaturer för normalåret och med aktuell innetemperatur vid vald reglerkurva.

Energibesparingen beräknas som: skillnaden mellan erforderlig radiatorenergi ett normalår plus skillnaden mellan varmvatten samt vvc-energi före och efter åtgärd extrapolerat till ett år.

Mätningarna omfattar veckomedelvärden under minst en halv eldningsäsong. Uppmätta storheter är:

- Totalt tillförd fjärrvärmeenergi
- VVC-energi
- Radiatorenergi husvis
- Varmvattenförbrukning husvis

- Kallvattenförbrukning husvis
- Lägenhetstemperatur
- Utetemperatur
- Integrationstid för lgh-temperatur
- Kallvattentemperatur
- Varmvattentemperatur
- Luftomsättning
- SMHI-klimatdata

För Hussvalan som har självdragssystem har lägenhetstemperaturen mätts med temperaturgivare i lägenheten i ca 25% slumpvis utvalda lägenheter. I övriga hus med mekaniskt frånluftssystem har lägenhetstemperaturen mätts i frånluften.

Luftomsättningsmätningar har utförts efter energisparåtgärder i slumpvis utvalda lägenheter. Som mätmetod har spårgasmetoden med avtagande gaskoncentration använts. Mätvärdet utgör här ett medelvärde för en mätperiod av ca 2 timmar. Kall- och varmvattentemperaturer utgör momentanvärden vid stickprov. Energi för varmvatten beräknas med hjälp av skillnaden mellan varmvattentemperatur (mäts på vvc-ledning) och kallvattentemperatur och uppmätt varmvattenförbrukning.

Jämförelse mellan olika hustyper inom projektet möjliggörs genom redovisning av energiåtgång före och efter åtgärd för ett normalår redovisat per kvadratmeter för resp hustyp.

Energibalansen för ett normalår redovisas som energistaplar för tillskotts- och förlustsidan uppdelade på mätta och genom mätningar uppskattade energiandelar såsom varmvatten-, vvc- och uppvärmningsenergi.

4 OBJEKTBESKRIVNING



FIG.4.1 Energisparkvarter i Malmö

4.1 Byggnadsteknisk beskrivning

4.1.1 Kv Erikstorp 4

Fastigheten består av 1 st flerbostadshus i 6 våningar med totalt 23 lägenheter samt källare. Huset är uppfört 1955 i för den tiden typisk byggnadsteknik. Ytterväggar av 1 1/2-stens tegel. Bjälklag av betong. Bjälklag över källare är isolerat med 80 mm träullsplattor på betongen och med 50 mm överbetong.

Vinden används till lägenhetsförråd och bjälklaget är isolerat med 100 mm platsgjuten cellbetong med 30 mm överbetong.

Huset är motbyggt på båda gavlarna. Fönsterna är 2-glas pivåhängda. Balkongdörrar är 2-glas med kopplade bågar och utåtgående.

4.1.2 Kv Hussvalan 2 och 3

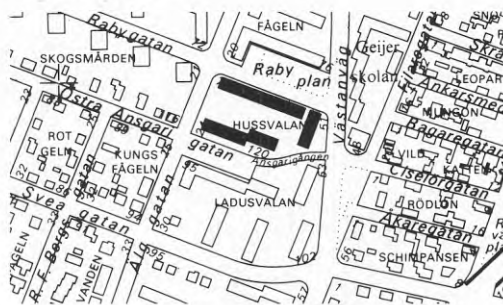


FIG.4.3 Kv Hussvalan, Malmö

Fastigheten består av 5 st flerbostadshus, hus A-E, i 3 våningar med totalt 88 lägenheter samt källare. Husen är uppförda 1950-1952 i för den tiden typisk byggnadsteknik.

Ytterväggar består av 1 1/2-stens tegel. Bjälklag av betong. Bjälklag över källare är isolerat med 40 mm mineralullsmatta.

I hus A och B är vinden oinredd och bjälklaget är isolerat med 30 mm stenullsmatta. I hus C är vinden oinredd och bjälklaget är isolerat med 80-100 mm platsgjuten cellbetong. I hus D och E används vindarna till lägenhetsförråd och där är 50 mm överbetong gjuten på cellbetongen. Fönsterna är 2-glas inåtgående eller pivåhängda. Balkongdörrar är 2-glas och inåtgående.

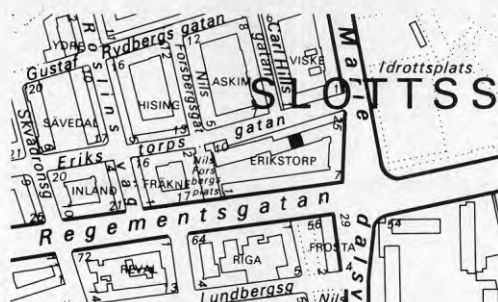


FIG.4.2 Kv Erikstorp 4, Malmö

TAB.4.1 Kv Erikstorp, antal lägenheter och lokaler samt lägenhetsytor och lokalytor, 1983

Antal lgh	24 (varav en är obebodd)
Medelyta/lgh, m ²	56
Antal lokaler	1
Medelyta/lokal, m ²	53
Total BLY, m ²	1344
Total LLY, m ²	53
Total BLY+LLY, m ²	1397

Hus A och C är motbyggda i en gavel och hus B och D är delvis motbyggda i en gavel. Hela bottenvåningen i hus E upptas av mindre affärslokaler med 1-glas skyltfönster.

TAB.4.2 Kv Hussvalan, antal lägenheter och lokaler samt lägenhetsytor och lokalytor.

	Hus A	Hus B	Hus C	Hus D	Hus E	TOTALT
Antal lgh	22	24	16	15	12	89
Medelyta/lgh, m ²	63	58	59	63	77	63
Antal lokaler	-	-	2	-	7	9
Medelyta/lokal, m ²	-	-	74	-	66	64
Total BLY, m ²	1394	1394	939	939	918	5584
Total LLY, m ²	-	-	147	-	459	606
Total BLY+LLY, m ²	1394	1394	1086	939	1377	6190

4.1.3 Kv Sörbäck och Norrbäck

Fastigheten består av 8 st 8-våningshus fördelade på 2 grupper om 4 hus fördelade på kv Sörbäck respektive Norrbäck.

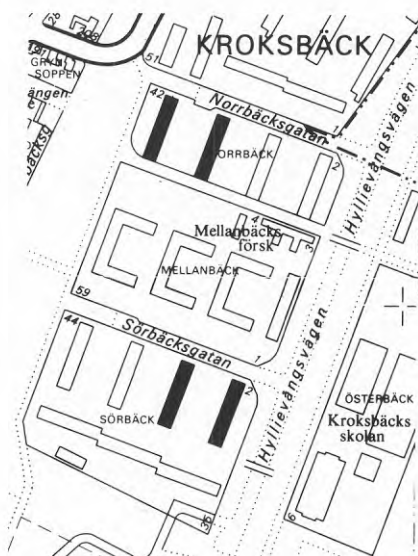


FIG.4.4 Kv Sörbäck och Norrbäck

Underjordiska garage förbinder fastigheterna inom samma kvarter. Husen har en bärande platsgjuten betongstomme med murade utfackningsväggar av 250 mm lättbetongblock som är försedda med en "regnkappa" av asbestcementskivor.

Fönster av trä med 2-glas inåtgående kopplade bågar.

Vindsbjälklag av betong isolerade med mineralullsisolering och pågjutna med överbetong. Vindar användes som förrådsvindar.

4.2 Installationsteknisk beskrivning

4.2.1 Kv Erikstorp 4

Fastigheten har fjärrvärmeundercentral för värme- och tappvarmvattenberedning. Värmeanläggningen är utförd som 2-rörssystem med övervägande delen radiatorer av paneltyp. Tappvarmvatten distribueras genom s k övre fördelning med cirkulationsledning i källare.

Värmesystemet är försett med reglerutrustning som styr utgående temperatur efter utetemperaturen.

Byggnaden är försedd med mekanisk frånluft. Frånluftfläkt är försedd med 2-hastighetsmotor. Frånluftdon är s k kontrollventiler försedda med kedja varigenom hyresgästerna kan reglera luftflödet. Ersättningsluft tas genom springventiler under fönster.

4.2.2 Kv Hussvalan 2 och 3

De 5 huskropparna har gemensam fjärrvärmeundercentral för beredning av värme- och tappvarmvatten. Distribution sker i källar- och kulvertförlagda ledningar.

Värmeanläggningen är utförd som 2-rörssystem med i huvudsak sektionsradiatorer. Tappvarmvatten distribueras genom s k övre fördelning med cirkulationsledningar i källare.

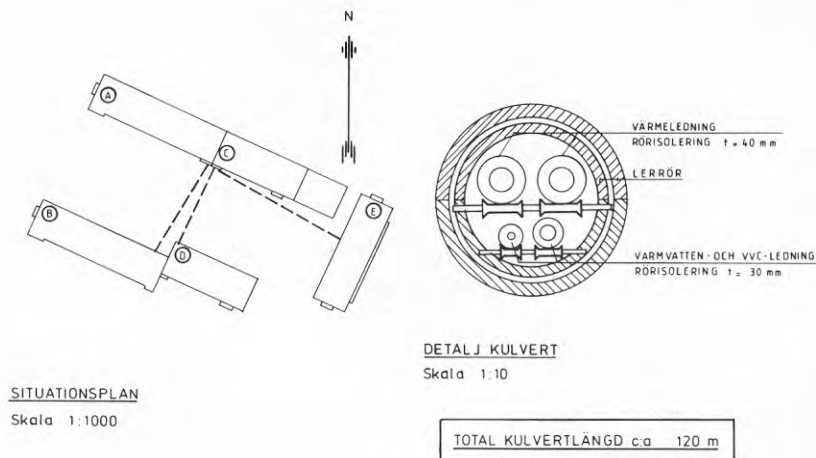


FIG.4.5 Kulvertsystem för värme- och varmvatten inom kv Hussvalan.

Samtliga huskroppar har gemensam reglerutrustning för värmesystemet bestående av reglercentral som via motorventil styr framledningstemperaturen efter utetemperaturen.

Ventilation av byggnaderna sker genom självdrag med kanaler i kök och badrum. Luftintag genom ventiler i ytterväggar. Ventilerna är dock normalt övertäpserade.

4.2.3 Kv Sörbäck och Norrbäck

Kroksbäck hus 3 och 4 har tillsammans med ytterligare 2 hus (ej ingående i projektet) gemensam fjärrvärmeundercentral. Från fjärrvärmeundercentral distribueras värme och tappvarmvatten i garageförlagda ledningar.

På samma sätt har hus 9 och 10 gemensam undercentral tillsammans med 2 hus (ej ingående i BFR-projektet). Vvc-ledningar följer vv-ledningar upp till översta våningarna.

Byggnaderna är försedda med mekanisk frånluft. I hus 9 och 10 finns dels frånluftsfläktar på vind dels fläktar i källare. Normalt evakueras frånluften av fläktarna i källarna och utnyttjas för ventilation av garage. Hus 3 och 4 har endast fläktar på vinden. Ersättningsluft tas genom otätheter och vädringsfönster. I hus 4 finns dock don av R-J-typ.

Trapphusen är försedda med mekanisk tilluft med överluft till lägenheter och sopnedkast.

4.3 Hyresgäster

Fastigheterna Erikstorp 4 och Hussvalan 2 har haft en stabil befolkning under perioden, medan befolkningen i Hussvalan 3 minskat något. Förändringarna i alla fastigheterna visar inte på någon speciell tendens. Befolkningen har en hög medelålder och det finns få barn och ungdomar i fastigheterna.

Befolkningen i de fyra Kroksbäcksfastigheterna Norrbäck 1 och 2 samt Sörbäck 1 och 2 har påverkats av ombyggnader som pågått under perioden. Omflyttningen mellan fastigheterna har varit betydande, men totalt sett har ingen nettoutflyttning skett.

Stor del av hushållen i Kroksbäck består av unga barnfamiljer och ombyggnaden har medfört en ytterligare föryngring av befolkningen. Efter ombyggnaden är åldersammansättningen och boendetätheten, 1983, jämförbar med ett nyproducerat bostadsområde.

TAB.4.3 Befolkningsstatistik 1981-01-01

Område	Åldersklasser													Summa
	0-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-24	25-29	30-39	40-49	50-64	65-79	80-W	
Erikstorp 14	-	1	-	-	-	-	1	-	1	4	9	14	1	31
Hussvalan 2	4	-	1	1	4	4	6	-	10	9	26	18	1	84
Hussvalan 3	2	3	1	4	2	3	7	6	8	12	26	10	2	86
Norrbäck 1	8	6	4	9	13	8	14	7	20	21	13	4	2	129
Norrbäck 2	17	10	29	19	16	14	34	13	46	29	35	13	6	281
Sörbäck 1	13	10	12	9	17	15	17	17	34	39	26	15	-	224
Sörbäck 2	6	9	4	11	12	13	6	3	13	12	10	2	-	101
Summa	50	39	51	53	64	57	85	46	132	126	145	76	12	936

TAB.4.4 Befolkningsstatistik 1982-01-01

Område	Åldersklasser													Summa
	0-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-24	25-29	30-39	40-49	50-64	65-79	80-W	
Erikstorp 14	-	1	-	-	-	-	1	1	-	3	9	14	1	30
Hussvalan 2	4	-	1	-	4	3	7	1	8	8	26	17	1	80
Hussvalan 3	2	1	1	3	4	3	4	4	9	12	24	7	2	76
Norrbäck 1	1	-	-	1	-	1	-	-	2	2	1	-	-	8
Norrbäck 2	10	11	11	9	16	13	19	9	26	17	26	12	3	182
Sörbäck 1	2	8	5	5	7	8	11	8	20	23	18	11	-	126
Sörbäck 2	41	32	31	27	31	22	46	40	71	49	25	6	3	424
Summa	60	53	49	45	62	50	88	63	136	114	129	67	10	926

TAB.4.5 Befolkningsstatistik 1983-01-01

Område	Åldersklasser													Summa
	0-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-24	25-29	30-39	40-49	50-64	65-79	80-W	
Erikstorp 14	-	-	1	-	-	-	1	1	-	3	8	12	3	29
Hussvalan 2	3	3	1	1	2	3	8	4	9	8	24	20	1	87
Hussvalan 3	1	1	-	2	3	2	7	3	5	12	25	6	1	68
Norrbäck 1	35	25	23	22	22	14	23	38	53	29	32	12	2	330
Norrbäck 2	3	4	3	4	4	6	9	2	14	6	16	3	2	76
Sörbäck 1	5	3	4	2	2	-	2	2	7	1	2	1	-	31
Sörbäck 2	34	26	26	23	24	23	33	40	55	47	28	6	3	368
Summa	81	62	58	54	57	48	83	90	143	106	135	60	12	989

5 ÅTGÄRDSPROGRAM

I TAB.5.1 och i FIG.5.1, 5.2 och 5.3 sammanställs de av vvs- och byggkonsulterna föreslagna energisparåtgärderna. För kv Hussvalan gäller att vindsisoleringen utförts enligt ett förslag från en entreprenör. Konsultens förslag var 100 mm cellplast.

TAB.5.1 Sammanställning av åtgärder för berörda hus.

	HUSSVALAN A	HUSSVALAN B	HUSSVALAN C	HUSSVALAN D	HUSSVALAN E	ERIKSTORP	NORRÄCK 3	NORRÄCK 4	SÖRÄCK 9	SÖRÄCK 10
Rumstemperaturen sänks till 20 °C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cirk.pump stoppas sommartid	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sänk tappvarmvattentemperaturen till 50 °C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Injustering av värmesystem	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Installation av termostatventil	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Justering av fönster och dörrar, nya tätningslister samt tätning mellan karm och smyg	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X ¹
Tilläggsisolering av vindsbjälklag	X	X	X	X	X	X	X	X		
Inmontering av tilläggsruta	X		X		X	X	X ²	X ²	X ²	X ²
Tätning av icke gångdörr i entrépariter	X	X	X	X	X	X				
Frånluftssystem inregleras						X	X	X	X	X
Skafferiventil stängs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tidsstyrning av torkaggregat							X	X	X	X
Tilläggsisolering av fasader med 70 mm mineralull							X	X	X	X
Tappvarmvattensystem									X	X
Nattsänkning							X	X	X	X
Värmepump frånluft till radiatorsystem						X				
Värmepump frånluft till tappvarmvatten								X	X	
Värmeväxlare frånluft befintligt tilluftssystem för trapphus									X	

1 Anger att tätningslister monterats vid bibehållna fönster vid indragna balkonger

2 Anger att nya 3-glasfönster, inåtgående med karm och båge al-utförande, monterats

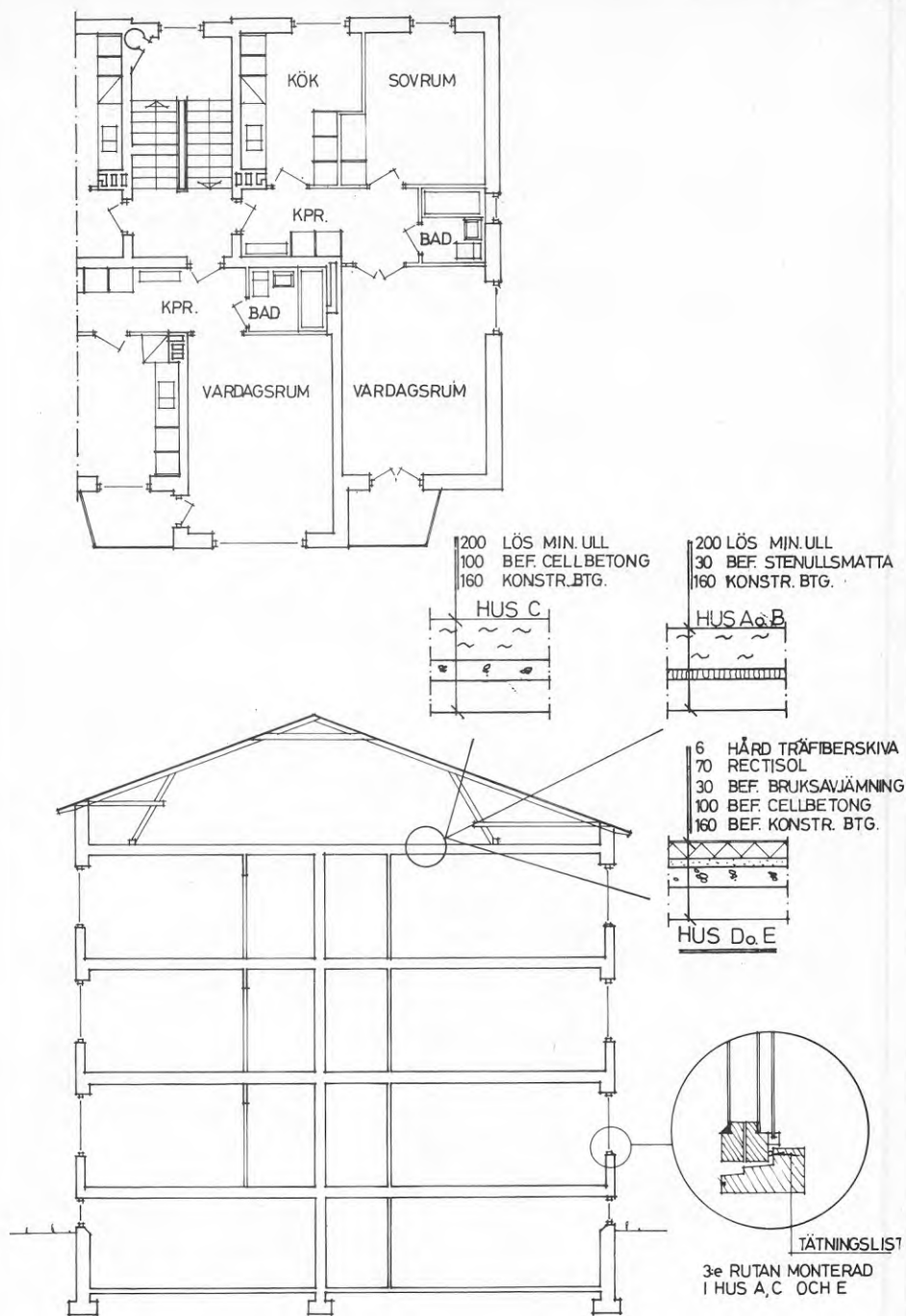


FIG.5.1 Byggnadstekniska energisparåtgärder för kv Hussvalan, plan och sektion.

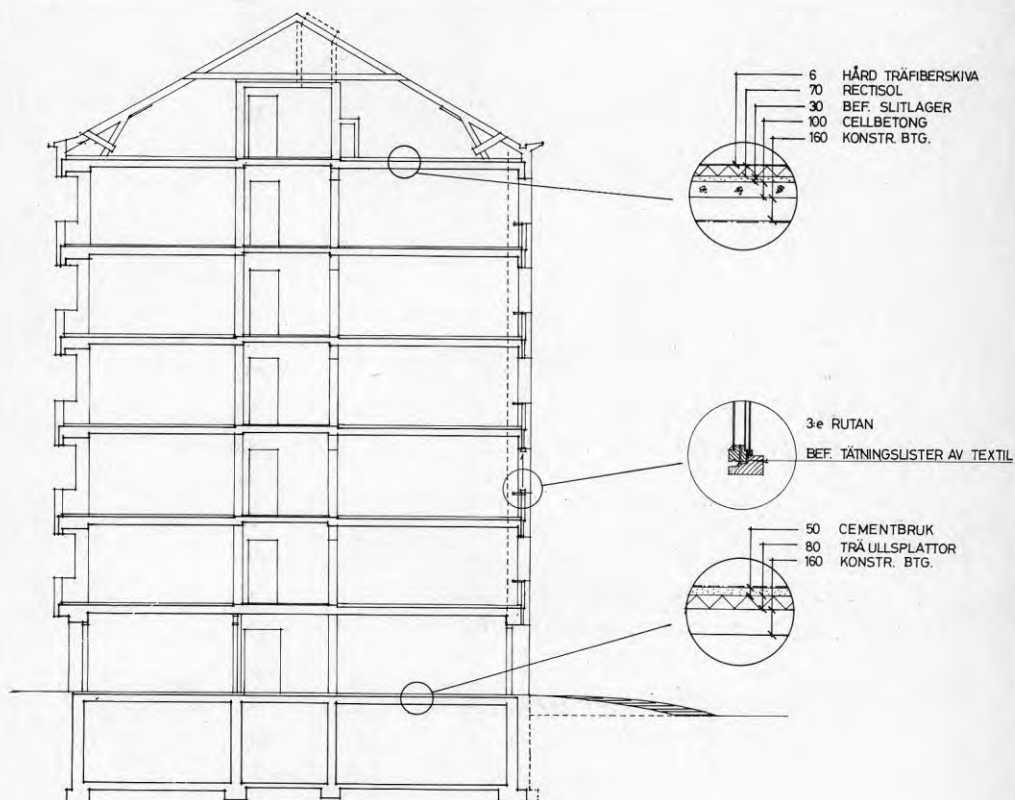
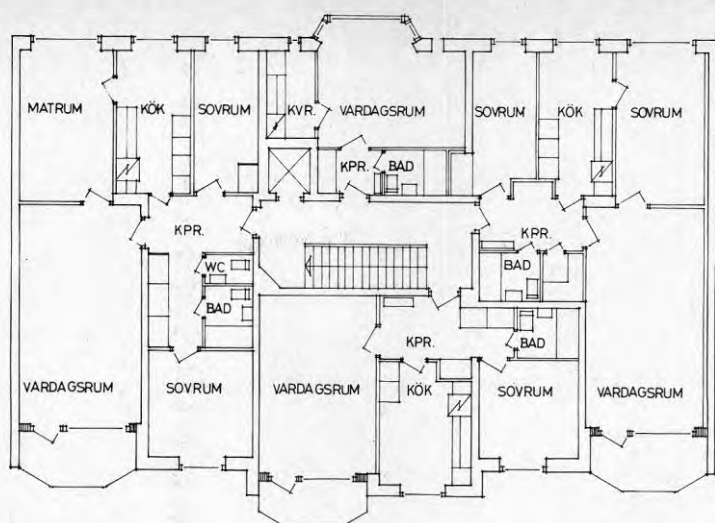


FIG.5.2 Byggnadstekniska energisparåtgärder för kv Erikstorp,
plan och sektion

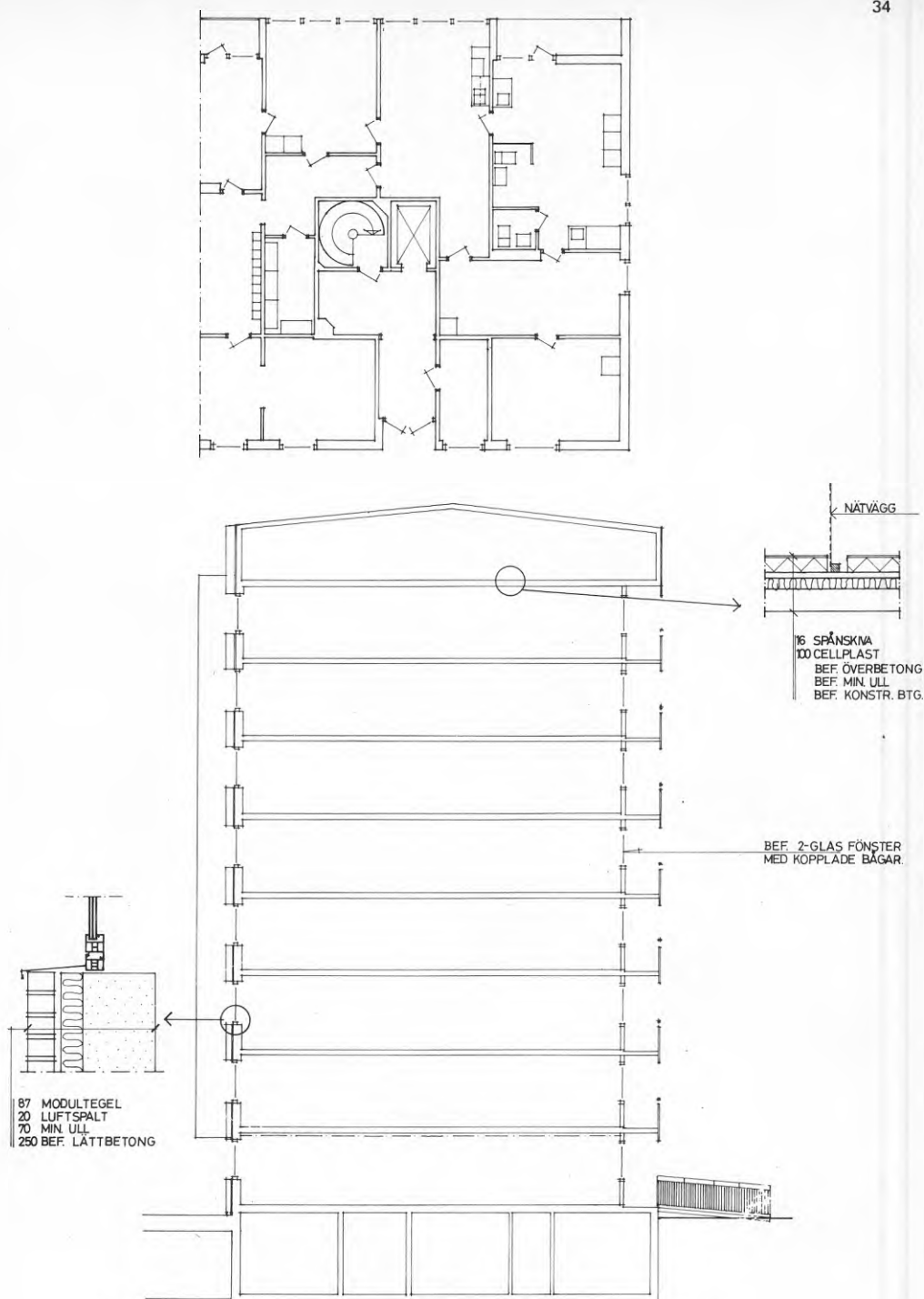


FIG.5.3 Byggnadstekniska energisparåtgärder, kv Sörbäck,
plan och sektion

6 MÄTPROGRAM

I detta avsnitt redogörs först för fältmätningarnas omfattning med redovisning av mätperioder, mätmetod, mätta storheter och givarplacering. Därefter redovisas mätutrustning. Slutligen redogörs för bearbetningen av data samt för hinder och problem vid mätning och bearbetning.

6.1. Mätperioder

Mätperioderna för de i energisparkvarteren ingående byggnaderna varierar kraftigt. Detta beror dels på att åtgärdsprogrammen har genomförts vid olika tidpunkter dels att mätutrustningen för medeltemperaturmätning tillverkades fortlöpande under projektets första år.

BFR och fastighetskontoret presenterade energisparkvarteren för LTH under 1980. I februari 1981 utformades av LTH ett mätprogram för fastigheterna Erikstorp och Hussvalan och i april för Kroksbäcksområdet. Detta program låg till grund för institutionens ansökan om projektanslag från BFR daterad 81-05-18. Ansökt belopp var 561.500 kr. BFR beviljade 81-09-29 330.000 kr som ett tilläggsanslag till institutionens basanslag avsedda att finansiera LTH:s medverkan i energisparkvarteren. Mellanskillnaden 231.000 kr finansieras genom omfördelning av medel inom tidigare beviljade basanslag.

Genom att viss temperaturmätutrustning fanns tillgänglig inom institutionen kunde installation snabbt påbörjas i kv Hussvalan i hus A och B under mars och april 1981. Samtidigt beställdes installation av erforderliga värmemängdsmätare till samtliga hus inom kv Hussvalan. Fullständiga energi- och temperaturmätningar påbörjades i hus A och B 81-04-30. Resterande temperaturmätutrustning för kv Hussvalan togs i drift 81-12-15

När ytterligare erforderlig mätutrustning tillverkats monterades denna i fastigheten Erikstorp 4 och fullständiga mätningar startades 82-02-12.

Mätutrustningen kompletterades inom kv Hussvalan 82-03-16. Kompletteringen avsåg värmemängdsmätning för en vidbyggd tandläkarmottagning.

I februari 1982 hade ombyggnadsverksamheten i hus 9 och 10 på Kroksbäck i det närmaste avslutats och mätutrustning monterades. Mätperioden startade 82-03-03.

Under sommaren -82 monterades givare i hus 3 och 4 på Kroksbäck och mätningarna kunde startas 82-10-21.

I hus 9 på Kroksbäck kompletterades energimätningen 83-06-02 för däri monterade värmepumpar.

Samtliga mätningar avslutades 84-03-31. De olika långa mätperioderna för Hussvalan och Erikstorp delas in i före- och eftermätningar. Indelningen bestäms dels av att mätperiodens längd skall vara minst en halv eldningssäsong och dels av när energisparåtgärderna av praktiska skäl kan genomföras. För Kroksbäck gäller att mätningen endast omfattar förhållanden efter ombyggnad.

I Figur 6.1 redovisas en tidplan för de tre kvarteren med markering av definierade före- och eftermättningsperioder samt tidpunkter för genomförda åtgärdsprogram.

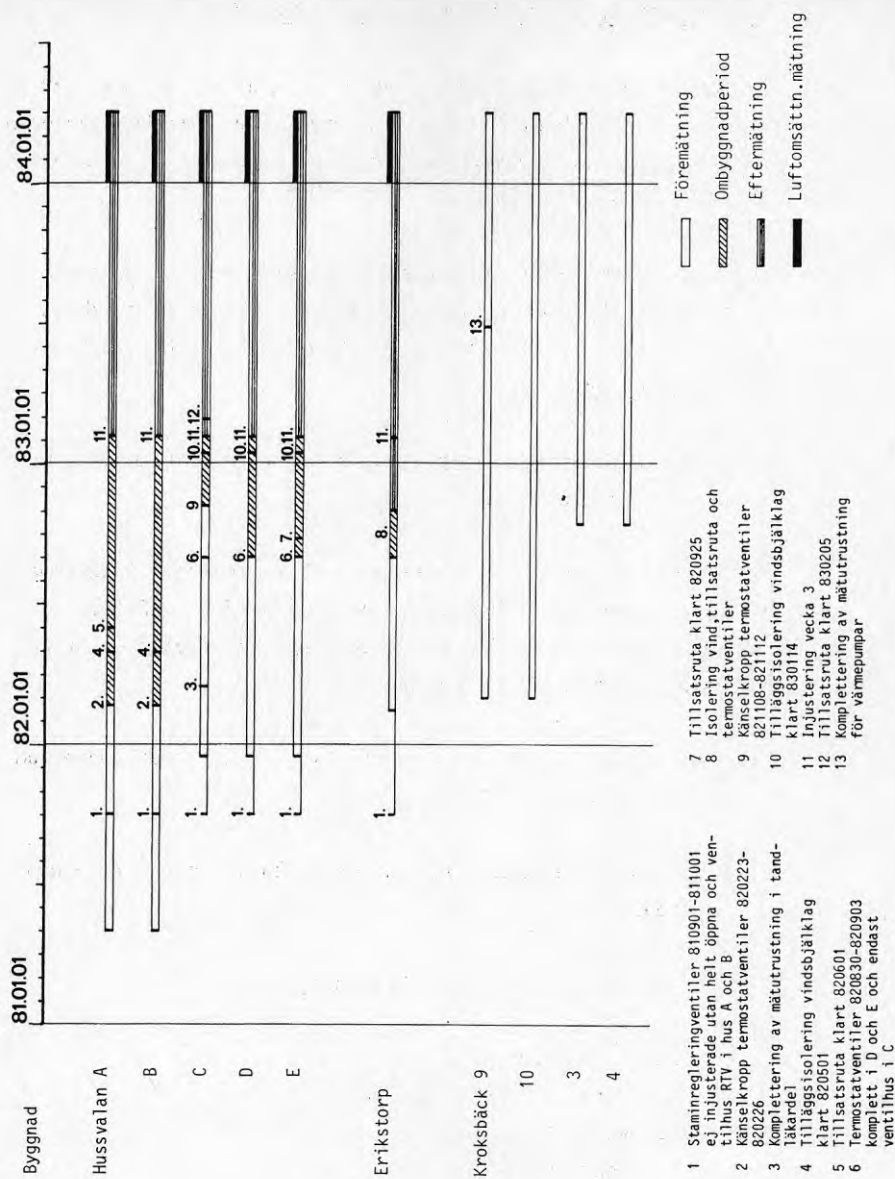


FIG.6.1 Tidplan för energiparkvarter, Malmö

6.2 Mätmetod, mätstorheter och givarplacering

Som tidigare redovisats under punkt 2.3 utgörs projektet av före-efter-experiment. Härvid studeras de av klimatet beroende och oberoende energiandelarna för fastigheterna före och efter energibesparande åtgärder.

Mätvärdesinsamlingen för förbrukningsmängder och medeltemperaturer har skett helt manuellt genom avläsningar av direktvisande instrument typ räkneverk. Avläsningarna har utförts av MKB en gång per vecka.

Utetemperaturmätningen kompletteras med mätdata från SMHI med temperaturuppgifter dygnsvis.

Kompletterande mätningar avseende luftomsättningar i lägenheter efter genomförda åtgärder har genomförts i ca 25% av lägenheterna på Hussvalan och Erikstorp. Mätvärdena utgör här ett medelvärde för ca 2 timmar.

Uppmätta temperaturer på kall- och varmvattnet utgör momentanvärden vid stickprov.

Undersökningen omfattar följande uppmätta storheter före och efter åtgärd:

- Totalt tillförd fjärrvärmeenergi
- vvc-energi
- Radiatorenergi
- Varmvattenförbrukning
- Kallvattenförbrukning
- Lägenhetstemperatur
- Utetemperatur
- Integrationstid för lgh-temperatur
- Kallvattentemperatur
- Varmvattentemperatur
- Luftomsättning
- SMHI-klimatdata

TAB.6.1 Sammanställning av mätpunkter

Hus	Mätstorheter - antal															
Värme	Varmvatten		Varmv.cirk.		Kallvatten		Lufttemperatur		Värmepump		Fjärrvärme		Hetvatten			
Volym m ³	Energi kWh	Temp °C	Volym m ³	Energi kWh	Temp °C	Lgh °C	Från- Ute °C	Tid h	Volym m ³	Energi kWh	Volym m ³	Energi kWh	Volym m ³	Energi kWh		
Hussvalan A	1				2	8		1								
B	1				2	8		1								
C	1				2	5		1								
C Tandläkar- del	1	1	1		1											
D	1				1	7		1								
E	1				1	7		1								
Hussvalan UC		1	1	1	1		1				1	1				
Erikstorp		1	1	1	2	1	8	1	1		1	1				
Kroksbäck 9	1	1											1	1		
10	1		1	1			7	1	1	1			1	1		
Sörbäck UC			1		3	1					1	1				
Kroksbäck 3	1	1	1	1		59	8	1	3	3	1	1	1	1		
4	1	1	1	1			7	1	1	1			1	1		
Norrbäck UC					3	1					1	1				

I TAB.6.1 redovisas en sammanställning av mätpunkter för samtliga i energisparkvarteren ingående fastigheter.

Principen för energi- och temperaturmätningarna framgår i redovisningen som ges i FIG.6.2a och 6.2b.

I fastigheter med mekanisk frånluft, gäller Kroksbäck och Erikstorp, har frånluftstemperaturen mätts och använts som ett mått på innetemperaturen. Inom kvarteret Hussvalan har innetemperaturen mätts direkt i lägenheter.

Erforderligt antal lägenheter har uppskattats genom att bilda konfidensintervallet:

$$I_m = (x - \lambda_{\alpha/2} d, x + \lambda_{\alpha/2} d)$$

där

x = stickprovsmedelvärde = medeltemperatur

$\lambda_{\alpha/2}$ = en faktor som beror av konfidensintervallets bredd

$d = d_n \frac{s}{\sqrt{n}}$, för okänd standardavvikelse

$d_n = \frac{N-n}{N-1}$ för en ändlig population

N = totala antalet lägenheter i ett hus

n = antal stickprov = antalet mätlägenheter

s = stickprovsvarians

Med 95% konfidensintervall erhålls $\lambda_{\alpha/2} = 1.96$ och med antagen stickprovsvarians $s = 1.0$ beräknas intervallets längd för respektive hus.

För hus A med 30 lgh och mätning i 8 lgh erhålls:

$$d_n = \frac{30-8}{30-1} = 0.7586$$

$$d = 0.7586 \frac{1.0}{8} = 0.2682$$

$$\lambda_{\alpha/2} d = 1.96 \times 0.2682 = 0.5257$$

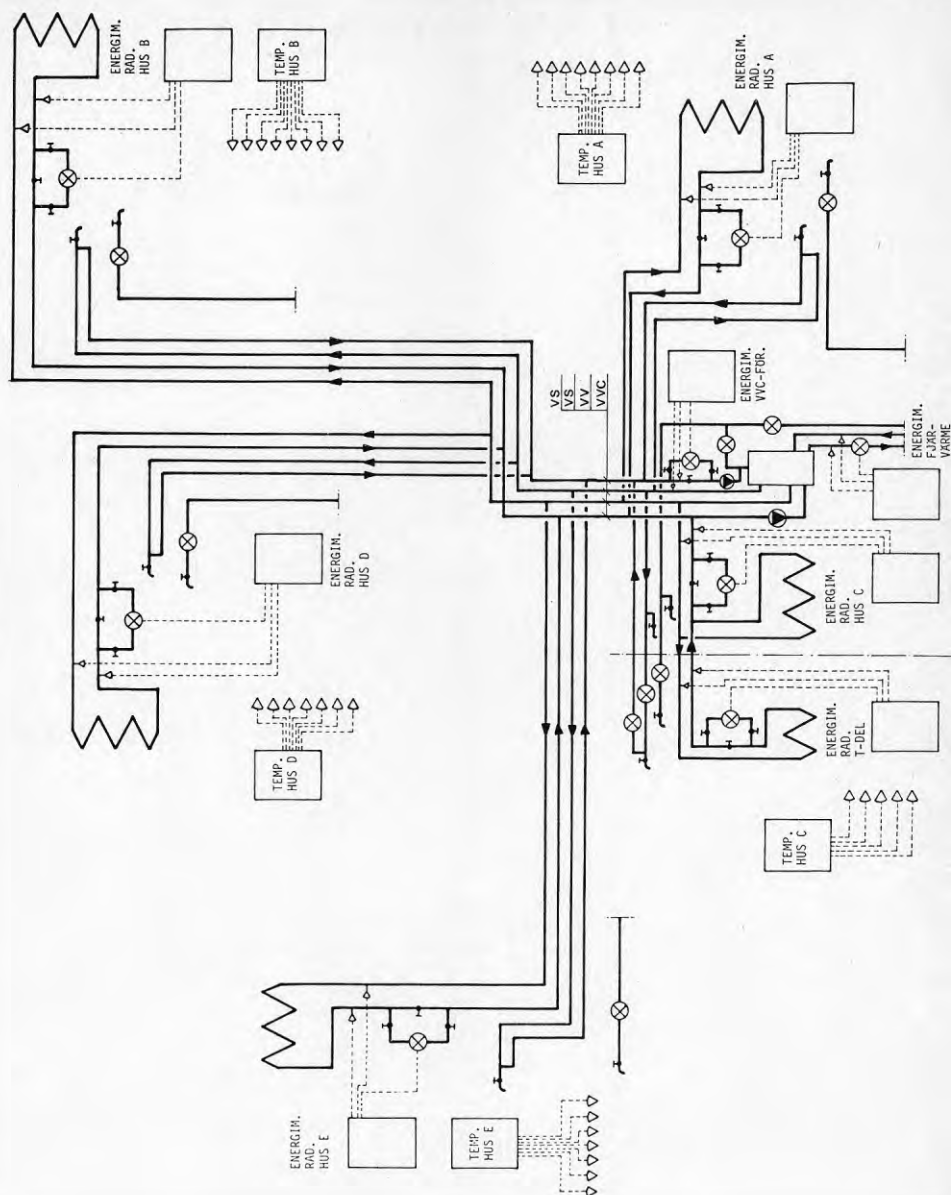


FIG.6.2a Principschema över energi- och temperaturmätningar i kv Hussvalan

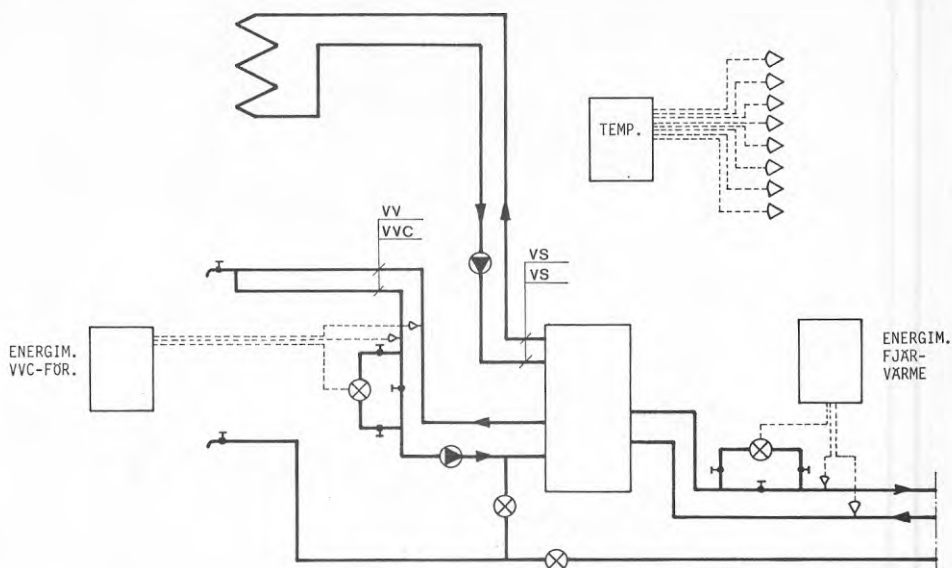


FIG.6.2b Principschema över energi- och temperaturmätningar i kv Erikstorp

och för konfidensintervallet

$$I_m = (x + 0.5257)$$

Och med motsvarande beräkningar för övriga hus kan konfidensintervallen sammanfattas enligt:

$$\text{Hus A } I_m = (x + 0.5257)$$

$$\text{Hus B } I_m = (x + 0.5257)$$

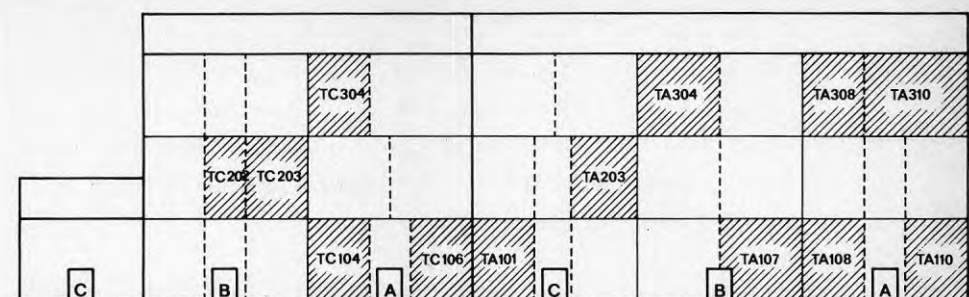
$$\text{Hus C } I_m = (x + 0.6703)$$

$$\text{Hus D } I_m = (x + 0.4793)$$

$$\text{Hus E } I_m = (x + 0.4445)$$

Detta innebär att med 8 mätlägenheter i hus A och B, 5 st i hus C och 7 st i hus E kan husens totala medeltemperatur bestämmas inom intervaller ca $+0.5^{\circ}\text{C}$ med sannolikheten 0.95 om stickprovsvariansen är ca 1.0°C .

I FIG.6.3 redovisas en sammanställning över givarnas placering i kvarteret Hussvalan.

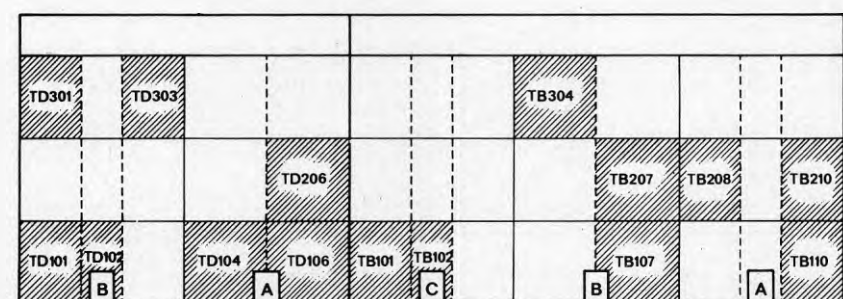


Rabygatan 77

Hus C

Rabygatan 75

Hus A

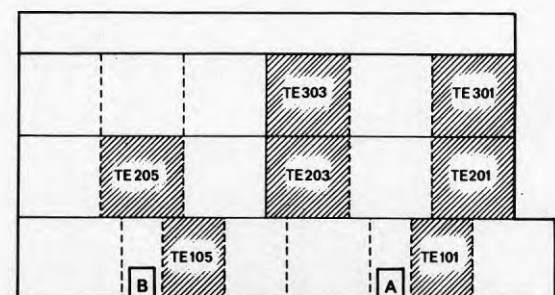


Ö Ansgarigatan 120

Hus D

Älggatan 24

Hus B



Västanvägen 51

Hus E

FIG.6.3 Sammanställning över temperaturgivarnas placering i lägenheter i kv Hussvalan

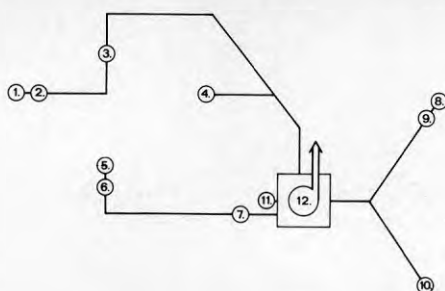
Vid mätning i frånluft kompliceras mätningarna av att kanaler inte är helt täta, temperaturfall på frånluften vid kanaldragning på kalla vindar samt att den utsugna luften uppenbarligen är något varmare än lägenheternas medellufttemperatur. Det sistnämnda beror på att frånluften tas uppe vid lägenhetens tak, dvs den varmaste luften.

Innan slutlig installation för frånluftsmätning genomfördes testades mätmetodiken under ett par veckors tid. Testen genomfördes som jämförande temperaturmätning mellan lägenhetstemperatur och frånluftstemperatur. I vissa fall, på Kroksbäck, kunde konstateras anmärkningsvärda skillnader. Orsakerna till detta gick att härleda till dels ej avsiktligt öppnade brandspjäll, vilket medförde att kall uteluft drogs ned i frånluftskanalerna dels till otäta branddörrar i sugkammare på vind.

Felaktigheter i temperaturbestämningen på grund av energiförluster från horisontella ventilationskanaler på kalla vindar eliminerades genom att samtliga temperatursensorer placerades ca 40 cm ner i de vertikala kanalerna.

I FIG.6.4 redovisas temperaturgivarnas placering i ventilationskanalerna för Erikstorp. Givarna är grupperade så att medeltemperaturen automatiskt bildas för resp

- samtliga vardagsrum
- samtliga kök
- samtliga bad
- samtliga 4:or
- samtliga 3:or
- samtliga 2:or
- samtliga 1:or
- blandning av samtliga med vissa förluster i horisontella kanaler



Mätaren avser	Temp. mätare	Röd givare	Kanal Grön givare	nummer Svart givare	Vit givare
Totalt vid fläkt	A	12	12	12	12
Samtliga vardagsrum	B	2	8	6	3
Samtliga kök	C	1	9	7	3
Samtliga bad	D	5	11	10	4
Samtliga 4:or	E	2	2	1	5
Samtliga 3:or	F	8	8	9	11
Samtliga 2:or	G	6	6	7	10
Samtliga 1:or	H	3	3	3	4

Varje temperaturmätare har 4 givare; Röd, Grön, Svart, Vit.

FIG.6.4 Sammanställning av temperaturgivarnas placering i frånluftskanaler i kv Erikstorp

I Kroksbäck hus 3 genomfördes en dubbel installation vad avser temperaturmätningen. Experimentet omfattar dels temperaturmätning i frånluftskanaler och dels direkt mätning av lägenheter-nas temperaturer med en givare i varje lägenhet, totalt 59 st, med målsättningen att bestämma frånluftsmätningens noggrannhet. Vid utplacering av givare i frånluftskanaler har kanaler som ventilerar soprum, hissmaskinrum, förråd osv uteslutits i mätningen.

Inom kvarteret Hussvalan och Erikstorp har luftomsättningsmätningar med spårgas utförts. Mätningarna omfattar dels infiltration, dvs med tejpade frånluftsdon dels mätning av naturlig ventilation. På Hussvalan har företrädesvis de lägenheter som är föremål för temperaturmätning valts och totalt i drygt 25% av lägenhetsbeståndet dvs 30 st. På Erikstorp har 7 st lägenheter mätts jämnt fördelade i huset.

6.3 Mätutrustning

Utrustningen för insamling av mätvärden har bestått av följande enheter:

Utrustning för registrering av

- Medeltemperatur
- Momentana temperaturer
- Energi
- Volymflöde
- Luftomsättning
- Vindhastighet

Medeltemperaturmätningen omfattar innetemperatur, frånluftstemperatur i ventilationskanaler och utetemperatur. Utrustningen består av en elektronikenhet sk TI-mätare med en givare av NTC-motstånd (termistor) max 4 st. TI-mätaren mäter ett vägt aritmetiskt medelvärde mellan mätpunkterna. Elektronikenhetens utsignal är en frekvens i storleken 1-10 Hz och proportionell mot uppmätt temperatur. Vägningen mellan givare har vid mätning i ventilationskanaler varit 1:1:1:1. Vid inomhusmätningar i lägenheter har varje TI-mätare varit försedd med en givare. För mätare med placering i lägenheter har utrustningen varit försedd med en display för temperaturindikering. Displayen består av lysdioder med en "vandrande" punkt och graderad i intervallet 18.5-26 °C med 0.5 °C intervall. TI-mätarens spänningsförsörjning sker från en centralenhet där även räkneverken för givarna är placerade. Impulsräkneverkens markeringar mellan två avläsningstillfällen är ett direkt mått på temperaturmedelvärdet under mätperioden enligt sambandet

$$T = C_1 \frac{M}{\Delta t} + C_2 \quad ^\circ\text{C}$$

där

T = medeltemperaturen

C₁ och C₂ = två för utrustningen karakteristiska konstanter

M = antalet markeringar mellan två på varandra följande avläsningar

Δt = tiden i timmar mellan avläsningarna

Mätområdet är för inomhusgivarna +16 till +26 °C och noggrannheten i detta intervall ± 0.2 °C för temperaturmedelvärdet.

I FIG.6.5 visas TT-mätaren och i FIG.6.6 tillhörande centralenhet.

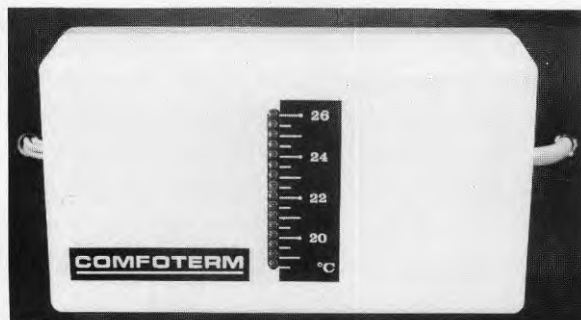


FIG.6.5 Utrustning för mätning av lägenhetstemperatur sk TT-mätare

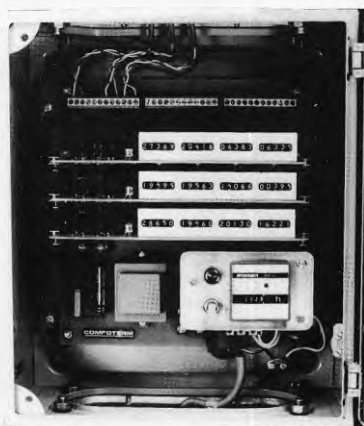


FIG.6.6 Centralenhet för registrering av 8 st lägenhetsmedeltemperaturer, spänningsförsörjning av TT-mätare samt registrering av drifttiden för TT-mätare.

Utetemperaturgivaren är pga den större temperaturvariationen och termistorns olinjäritet försedd med två mätområden, inom vilket mätaren kan betraktas som linjär; ett från -5 till och med $+25$ °C och ett lågtemperaturområde från -25 till och med $+5$ °C. Omkopplingen mellan mätområden sker manuellt. I aktuella mätningar med relativt höga vintertemperaturer har det höga mätområdet använts hela tiden.

Momentant uppmätta temperaturer på kall- och varmvatten har skett med kalibrerad digitaltermometer fabrikat Teknoterm typ 1500. Mätningarna har tillgått så att varmvattentemperaturen har mätts genom anläggning av givaren mot varmvattenledningens yta. Mätningar förutsätter att, som i studerat fall, en varmvattencirkulation. Kallvattentemperaturen mäts direkt i vattnet vid tappning under ca 5 min. Felet i temperaturbestämningen för varmvattnet uppskattas till ca ± 1.0 °C och för kallvattnet ca ± 0.2 °C.

Utrustningen för energimätning består av:

- Integreringsverk
- Kontaktverk
- 2 motståndstermometrar
- Vattenmätare

Som integreringsverk har genomgående utrustning från AB Svensk Värmemätning använts. Totalmätarna som används för debitering av fjärrvärmeförbrukning har även utnyttjats i forskningsprojektet. Dessa mätare är av en äldre typ benämnd SVM60. De extra mätare som installerats speciellt för forskningsprojektet är av en senare modell kallad SVME-62. För att erhålla så bra upplösning som möjligt har mätare av utförande 5 valts. Detta utförande innebär en upplösning i temperaturmätningen på 0.02 °C. Temperaturområdet begränsas då till 20 – 120 °C och märktemperaturdifferensen till endast 30 °C. Normalt används i fjärrvärmenät mätare av typ 1 med ett temperaturområde på 30 – 160 °C och en märktemperaturdifferens på 120 °C. Upplösningen blir för dessa mätare då endast 0.1 °C. För här avsedda tillämpningar är det helt tillfylles med möjligheten att mäta på maximalt 30 °C temperaturdifferenser.

Överföring av vattenmätarnas centrumvisarutslag sker via sk kontaktverk. Använda kontaktverk är av fabrikat AB Svensk Värmemätning typ SVMK-10. Normalt har verk med fyra pulser per centrumvisarvarv använts. I några fall har kontaktverk med 40 pulser per centrumvisarvarv utnyttjats för att få erforderlig upplösning i mätningarna. Nackdelen med pulsverk med många pulser per varv är att dessa belastar vattenmätaren i större utsträckning och därmed ökar felvisningen.

Motståndstermometrarna är av fabrikat AB Svensk Värmemätning. För den nymonterade utrustningen gäller att givarna är av pt-100-typ modell SVMT-2-52 alternativt SVMT-2-01. Givarna till den äldre befintliga fjärrvärmemätaren är av Ni-100-typ.

Hetvattenmätarna som använts i radiatorkretsar är enligt SVM:s beteckning SVMS-2 av vinghjulstyp alternativt Woltmantyp beroende på erforderlig anslutningsdimension. Mätning av cirkulationsförluster för tappvarmvatten har skett med varmvattenmätare av vinghjulstyp fabrikat Hydrometer med beteckning SVM-9 och Istameter. I hus 9 och 10 har genomgående mätare från Armaturjonsson med beteckningen AJ7020 installerats. Mätarna är av fabrikat Pollux.

Mätare för kall- och varmvattenförbrukning är av fabrikat Pollux, Istameter samt Bopp & Reuter Mannheim. Dessa mätare är de befintliga utrustningarna för debiteringsändamål.

Luftomsättningsmätningarna har genomförts enligt spårgasmetoden med avtagande gaskoncentration där antalet luftväxlingar per tidsenhet erhålls ur sambandet

$$n = \frac{1}{t} \ln C_0 / C_t$$

där

n = luftväxlingar per tidsenhet

C_0 = gaskoncentration vid mätperiodens slut

C_t = gaskoncentration efter tiden t

Som spårgas har dikväveoxid N_2O (lustgas) utnyttjats och mätutrustningen utgörs av en gasanalysator av typen absorption

av infraröd strålning av fabrikat URAS7M. Gaskoncentrationen registrerades kontinuerligt på en skrivare fabrikat Servogor RE551 för senare utvärdering. Under luftomsättningsmätningens gång registrerades vindhastigheten, ca 2 m över marken framför den husfasad mot vilken lägenhetens största ytterväggsyta vetter, med en vinghjulsanemometer fabrikat Lambrecht typ 1405.

6.4 Bearbetning av data

Veckoavläsning av räkneverk har utförts av MKB's personal. Avläsningarna antecknas på förtryckta blanketter och skickas till högskolan i på förhand adresserade och frankerade kuvert. Avläsningarna har därefter via en terminal lästs in till institutionens HP-1000 dator med hjälp av ett speciellt inläsningsprogram för respektive projekt. Programmet innehåller ledtext för samtliga mätare. Programmet bildar efter hand en så kallad mätarställningsfil där inlästa värden lagras utan någon vidare bearbetning. Därefter läses mätarställningsfilen, med sina grunddata, in till ytterligare ett program där bearbetning av data sker. Bearbetningen består av bildandet av skillnader mellan två på varandra följande avläsningstillfällen och matematiska manipulationer för att omvandla mätarställningar till tekniska mätstorheter. Som resultat av beräkningarna erhålls förbrukningsvärden som lagras som medeldygnsförbrukningar. Avläsningsdygnet behandlas speciellt så tillvida att det dygnet erhåller en förbrukning som är ett viktat medelvärde av föregående och efterkommande avläsningsperiod. Viktningar sker i förhållande till avläsningstidpunkten på dygnet.

Som kompletterande mätdata har även SMHI's temperaturuppgifter under mätperioderna lästs in och lagrats på samma sätt som veckoavläsningarna.

Bearbetningen innefattar även beräkning av sk restposter. Exemplifierat för Erikstorp innebär detta att energi till radiatorsystemet beräknas enligt

$$VS=VP-VVC-VVB$$

där

VS = radiatorenergi

VP = uppmätt fjärrvärmeenergi

VVC = uppmätt varmvattencirkulationsenergi

VVB = $VV \cdot \Delta T_{VV} \cdot \rho \cdot c_p$ = varmvattenberedningsenergi

VV = uppmätt varmvattenförbrukning

ΔT_{VV} = genom stickprov uppskattad skillnad mellan varmvattentemperatur och kallvattentemperatur

c_p = vattnets specifika värmekapacitet

ρ = vattnets densitet

Bearbetning av denna karaktär är något förrädisk eftersom totalmätaren VP som är avsedd för stora energimängder har relativt sett stor felvisning vid låg förbrukning. Detta innebär att flödena och därmed energimängderna sommartid underskattas och i vissa fall uppvisar nollförbrukning trots att vi med den mindre VVC-mätaren och genom temperaturmätning vet att fastigheten förbrukar energi. Genom att ansätta energiförbrukningen vid lågförbrukning som minst VVC+VVB erhålls rimliga värden under sommarmånaderna.

De bearbetade mätdata kan därefter med hjälp av presentations- och bearbetningsprogrammet benämnt "MUMS" presenteras dels som funktion av tiden dels som funktion av någon annan variabel t ex energi som funktion av utetemperatur eller som funktion av temperaturdifferensen mellan inne- och utetemperaturen.

Nämnda bearbetnings- och presentationsprogram är programvara som finns tillgängliga bl a vid Mätcentralen på institutionen för Byggnadskonstruktionslära vid Lunds Tekniska Högskola.

Efter inläsning och bearbetning enligt ovan har mätstorheter plottats som funktion av tiden för att möjliggöra en snabb kontroll av eventuella felavläsningar och kontroll av att mätutrustningen fungerat tillfredsställande. Uppenbara felavläsningar har därefter korrigerats.

Med stöd av tidplanen i FIG.6.1 har lämpliga före och eftermättningsperioder utvalts. Som olämpliga perioder bedöms

ombyggnadsskedet 1982 för Hussvalan och Erikstorp. Perioder med ej fungerande mätutrustning har även förkastats.

6.5 Hinder och problem

Mätningar i fält är alltid förenat med större svårigheter än väldefinierade försök under laboratoriemässiga förhållanden. Som exempel på förhållanden som utgör komplikationer kan nämnas

- Lämplig väderlek. Tillräcklig variation i utetemperatur (gäller speciellt i södra Sverige).
- Svårighet att erhålla erforderlig kontroll över anläggningens drift. Exempelvis har ändringar av reglerkurvor utan information om när och varför konstaterats.
- Hänsyn till de boende medför att vissa ingrepp av VVSteknisk art endast kan göras under icke eldningssäsong. Här kan nämnas att termostatventiler utan känslkropp och staminregleringsventiler i öppet läge monterades redan under föremättningsperioden i kv Hussvalan.
- Ombyggnadsperioder och efterföljande injustering har varit tidskrävande varför värdefulla mätperioder ej har kunnat användas vid utvärderingen.
- Effekten av vissa genomförda tätningar av ventilationskanaler för Kroksbäcksprojektet är tveksamma. Täta kanaler är en förutsättning för att möjliggöra mätning av inomhustemperaturer i detta projekt.
- Abonnentmätarna för levererad fjärrvärme underskattar energiförbrukningen sommartid och kan ej ligga till grund för utvärdering av energiförbrukning till varmvattenberedning under sommarmånaderna.
- Om ekonomiska förutsättningar för mätning finns så bör i princip inga energiförbrukningar bestämmas genom rest-

postberäkningar. Mätning av samtliga delposter ger bättre information om storleksordningen av mätfel. Mindre mätare kan registrera lägre flöden.

- Kontinuerlig mätning av kall- och varmvattentemperaturer samt framledningstemperaturen är önskvärd. Kall- och varmvattentemperaturmätning medför bättre förutsättningar för beräkning av energi för varmvattenberedning. Framledningstemperaturen kombinerad med utetemperaturmätning ger information av oavsiktliga ändringar i reglerfunktionen.

7 MÄTRESULTAT

7.1 Hussvalan

7.1.1 Energistatistik

Under eldningsåret 82/83 har kv Hussvalan totalt förbrukat 1232 MWh exklusive hushållsel. Förbrukning av radiatorenergi har totalt uppgått till 710 MWh och energi för varmvattencirkulation har varit 140 MWh. Med en genomsnittlig temperaturskillnad på 45 °C mellan kall- och varmvatten blir uppvärmningsenergin för tappvarmvattnet 220 MWh. Skillnaden mellan totalenergi och summan av radiatorenergi, varmvattencirkulation samt varmvattenenergi blir 162 MWh. Denna energipost utgör ett mått på förlusterna i energiförsörjningssystemet inom kvarteret. Den största delen av dessa förluster är med säkerhet kulvertförluster. Eftersom kulvertförlusterna är starkt utetemperaturberoende skall dessa innefattas i graddagskompensation för att möjliggöra jämförelser av energiförbrukning mellan olika år. Även vvc-förlusterna har ett utetemperaturberoende och är ca 25% större vintertid. Detta motsvarar att ca 12% av vvc-förlusterna skall graddagskompenseras. För eldningsåret 82/83 återstår då en temperaturoberoende del av energiförbrukningen som är 343 MWh (varmvatten + ca 88% av vvc-förluster).

För omräkning av förbrukningsstatistiken inom kv Hussvalan antas att den temperaturoberoende förbrukningen varje år motsvarar 340 MWh. Total energiförbrukning för kv Hussvalan exklusive hushållsel och fastighetsel för ett antal eldningsår redovisas i TAB.7.1.

TAB.7.1 Total energiförbrukning, kv Hussvalan, exkl hushålls-
el och fastighetsel.

Eldnings- år	Totalt avläst förbrukning 1)	Temperatur- beroende förbrukning	Andel grad- dagar i för- hållande till normal- år 2)	Korrigerad totalförbrukning 1) efter normalår
	MWh	MWh	%	MWh
74/75	1615.3 (261)	1275.3	91	1741.4 (281)
75/76	1630.6 (263)	1290.6	99	1643.3 (266)
76/77	1544.9 (250)	1204.9	100	1544.9 (250)
77/78	1770.6 (286)	1430.6	100	1770.6 (286)
78/79	1666.2 (269)	1326.2	108	1568.0 (253)
79/80	1620.2 (262)	1280.2	111	1493.3 (241)
80/81	1474.6 (238)	1134.6	95	1534.3 (248)
81/82	1608.9 (260)	1268.9	104	1560.1 (252)
82/83	1232.3 (199)	892.3	83	1415.1 (229)
medelvärde=1573.7 (254)			medelvärde=1585.6 (256)	
standard-			standard-	
avvikelse = 151.2			avvikelse = 114.3	

1) Siffror inom parentes anger kWh/m²BLY,LLY

BLY = bostadslägenhetsyta

LLY = lokallägenhetsyta

BLY+LLY = 6190 m²

2) Normalåret avser perioden 1951-1980.

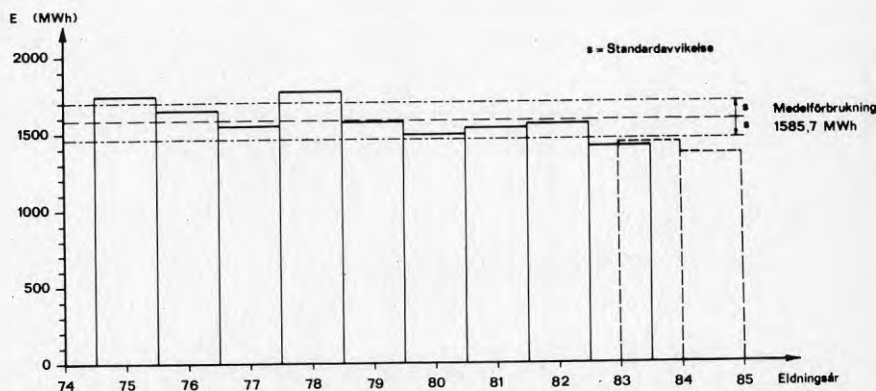


FIG.7.1 Total energiförbrukning, kv Hussvalan, exklusive hushållsel och fastighetsel. Redovisat medelvärde och standardavvikelse avser eldningsåren 74/75 t o m 82/83. Streckade staplar avser kalenderåren 83 till 85 då samtliga energisparåtgärder är genomförda.

Studerar man FIG.7.1 kan en svag trend mot något lägre energiförbrukning märkas mot slutet av perioden. Med linjär regression kan trenden beräknas till ca 30 MWh minskning per år dock är korrelationskoefficienten mycket låg, $r=-0.739$.

Det kan konstateras att trots de vidtagna energibesparande åtgärderna under 1982 så har inte energiförbrukningen det sista eldningsåret sjunkit mer än drygt en standardavvikelse i förhållande till hela seriens medelvärde. Sänkningen skulle med andra ord mycket väl kunna förklaras med den spridning som finns i de observerade energiförbrukningarna mellan eldningsåren 74/75 till och med 82/83. Tar vi dessutom hänsyn till trenden med 30 MWh minskning per år ligger förbrukningen 82/83 endast ca 1/2 standardavvikelse under regressionslinjen. Av tidplanen i FIG.6.1 framgår dock att samtliga åtgärder i kv Hussvalan ej var genomförda förrän i vecka 3 1983. Detta innebär att eventuella besparingars fulla värde räknat per hel eldningsssäsong ej kan anges med denna metod förrän till sommaren 1984. Dock har motsvarande omräkning av förbrukning till normalår genomförts för kalenderåren 83 till 85. Energiförbrukningarna är inlagda i FIG.7.1 som streckade staplar.

I TAB.7.2 redovisas fjärrvärmeförbrukningen för kv Hussvalan uppdelad på delposterna radiatorer, varmvatten, varmvattencirkulation och kulvertförluster mm för perioden 830101-831231. Förbrukningen anges okorrigerad för normalår. Redovisningen innefattar energimängd, energimängd per kvadratmeter bostadslägenhetsyta plus lokallägenhetsyta samt energimängd per lägenhet och lokal.

I TAB.7.3 sammanställs elförbrukning och vattenförbrukning för kv Hussvalan under mätperioden 830101-831231.

TAB.7.2 Kv Hussvalan, fjärrvärmeförbrukning för perioden 830101-831231 med uppdelning på delposter

Förbruknings-enhet	Sort	HusA	HusB	HusC	HusD	HusE	TOTALT	Andel %
Radiatorer	MWh	158	158	150	133	189	788	59
Varmvatten	MWh						221	17
Varmvatten-cirkulation	MWh						141	10
Kulvertförluster, undercentral mm	MWh						192	14
Total fjärrvärme							1342	100
Radiatorer	kWh/m ² BLY+LLY	114	113	138	141	137	127	
Varmvatten	kWh/m ² BLY+LLY						36	
Varmvatten-cirkulation	kWh/m ² BLY+LLY						23	
Kulvertförluster, undercentral mm	kWh/m ² BLY+LLY						31	
Total fjärrvärme	kWh/m ² BLY+LLY						217	
Radiatorer	kWh/lgh, lokal	7196	6583	8322	8880	99	8041	
Varmvatten	kWh/lgh, lokal						2255	
Varmvatten-cirkulation	kWh/lgh, lokal						1435	
Kulvertförluster, undercentral mm	kWh/lgh, lokal						1958	
Total fjärrvärme	kWh/lgh, lokal						13688	

TAB.7.3 Kv Hussvalan, förbrukningsstatistik för perioden 830101-831231

	Hus A	Hus B	Hus C	Hus D	Hus E	TOTALT
Hushållsel, kWh	41523	45799	35445	28334	23398	174499
Fastighetsel, kWh	2075	43904	19775	3264	2197	71215
Lokalel, kWh	-	-	8212	-	66247	74459
Summa el, kWh	43598	89703	63432	31598	91842	320173
Vattenförbrukn, m ³	1801	3230	4917	862	3424	14234
Hushållsel, kWh/m ² BLY	29.8	32.8	37.8	30.2	25.5	31.3
Lokalel, kWh/m ² LLY	-	-	55.9	-	144.3	122.9
Fastighetsel, kWh/m ² BLY+LLY	2	32	18	4	2	12
Totalel, kWh/m ² BLY+LLY	31	64	58	34	67	52
Vattenförbr, m ³ /m ² BLY+LLY	1	2	5	1	3	2
Hushållsel, kWh/lgh	1887	1908	2215	1889	1950	1961
Lokalel, kWh/lokal	-	-	4106	-	9464	8273
Fastighetsel, kWh/lgh, lokal	94	1829	1099	218	116	727
Totalel, kWh/lgh, lokal	1981	3737	3524	2107	4834	3267
Vattenförbr, m ³ /lgh*	82	135	307	58	72	128
Vattenförbr, m ³ /lokal	-	-	122	-	366	312
Vattenförbr, m ³ /lgh, lokal	82	135	273	58	180	145

*För hus C är uppmätt förbrukning för tandläkarmottagningar 244 m³.

I hus E antas vattenförbrukning per lägenhet som medelförbrukning per lägenhet i hus A och D

7.1.2 Uppmätta effekter, temperaturer och radiatorflöden, kv Hussvalan

I FIG.7.2 redovisas effekt som funktion av tiden för samtliga ingående hus A-E inom kv Hussvalan. I FIG.7.3 är motsvarande inomhustemperaturer för hus A-E angivna som funktion av tiden. Inomhustemperaturerna är beräknade som ett medelvärde mellan ett enligt avsnitt 6.2 lämpligt antal lägenheter inom varje hus. I FIG.7.4 visas flödet i radiatorsystemen inom varje hus som funktion av tiden. Tidsperioden fr o m maj 1981 t o m dec 1983 omfattar både före- och eftermättningsperiod.

Genom att beakta den information som sammanställts i FIG.6.1 och radiatorflödets variation över tiden kan lämpliga tidsperioder för utvärdering bestämmas. Valda perioder finns inlagda i FIG.7.2-7.4 och numrerade i tidsföljd med 1-5. Periodernas karakteristika sammanfattas kortfattat enligt:

Period 1 - Perioden infaller under eldningssäsong. Inga åtgärder har vidtagits utom installation av staminjusteringsventiler i helt öppet läge. Perioden är mycket lämplig som föremätning dock saknas innegivare i hus C-E under drygt halva perioden. Energimätning i hus C saknas. Radiatorflödet i samtliga hus ligger konstant som väntat då inga radiatortermostater finns monterade. Medeltemperaturen för samtliga hus ligger i slutet på perioden över 23 °C. Möjligen har radiatorflödet störts av installationen av staminjusteringsventilerna och förbrukningen under denna period kan därför förmodas vara något för hög.

Period 2 - Karakteriseras av att radiatortermostatventiler installeras i hus A och B. En markant nedgång i temperatur ca 1.5 °C direkt efter installation kan konstateras i både hus A och B. En temperatursänkning på ca 1.0 °C kvarstår vid periodens slut. Installationen av radiatortermostatventilerna påverkar även de hus i vilka termostater ej monterats, eftersom radiatorflödet omfördelas pga ter-

mostaternas instrypning. Detta framgår tydligt av FIG.7.4 där en markant ökning av flödet ca 20% för hus D och E syns. En markerad temperaturuppgång för dessa hus under samma period framgår av FIG.7.3. På grund av termostaternas funktion varierar nu radiatorflödet över tiden. Perioden kan ej användas som föremåtningsperiod. Inställningen av reglerkurvan är bra under perioden och ger jämn innetemperatur oberoende av utetemperaturen.

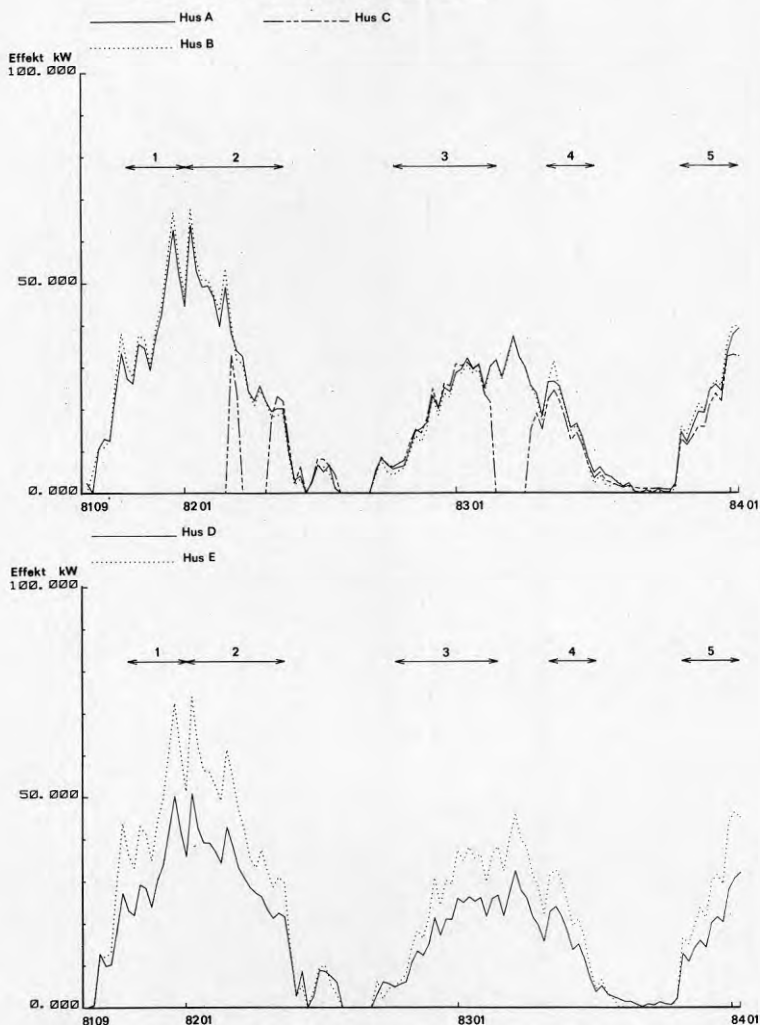


FIG.7.2 Effekt som funktion av tiden för samtliga i kv Hus-svalan ingående hus. Numrerade områden anger tidsperioder använda vid utvärdering

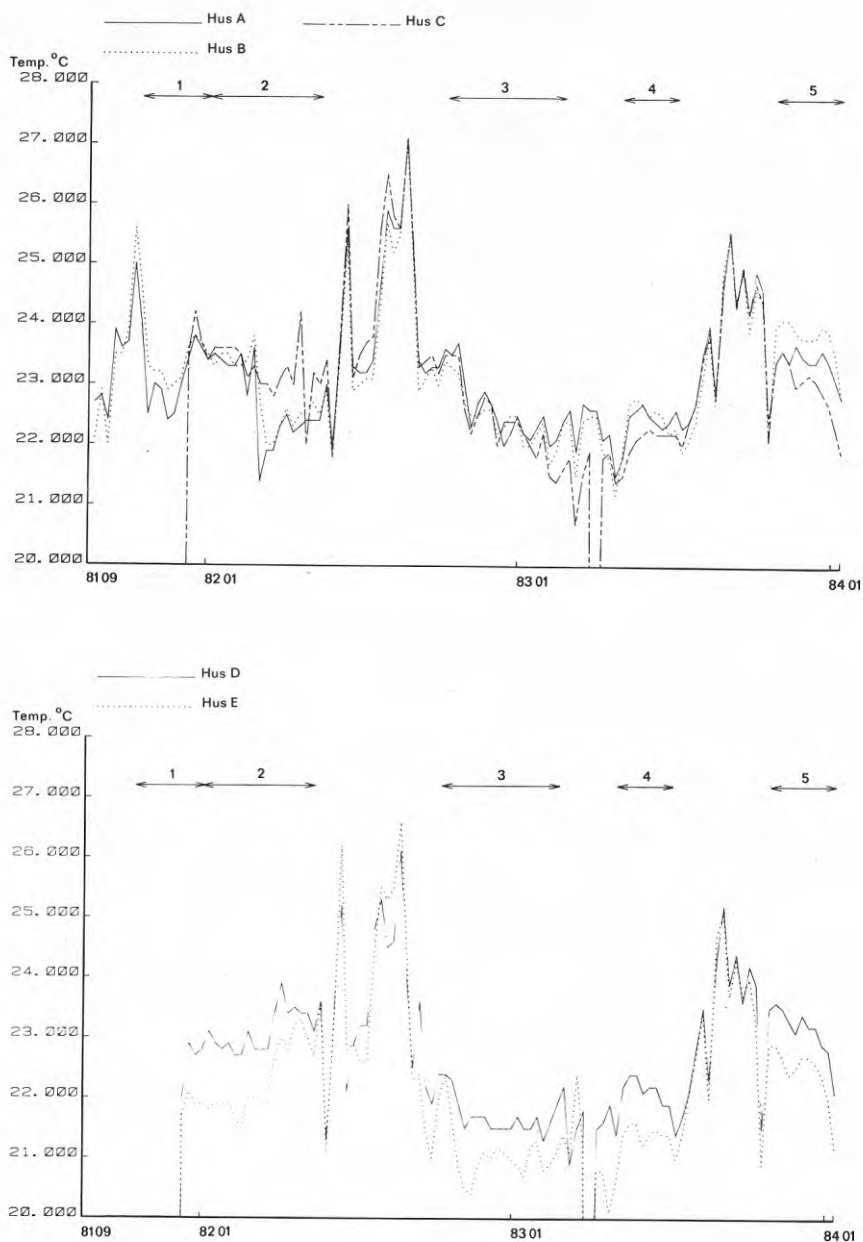


FIG.7.3 Innetemperatur som funktion av tiden för samtliga i kv Hussvalan ingående hus. Numrerade områden anger tidsperioder använda vid utvärderingen

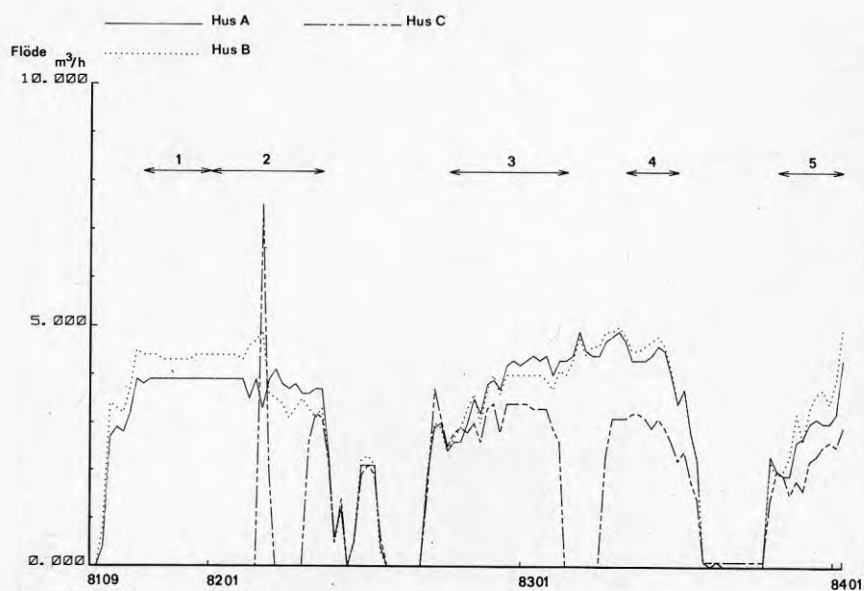
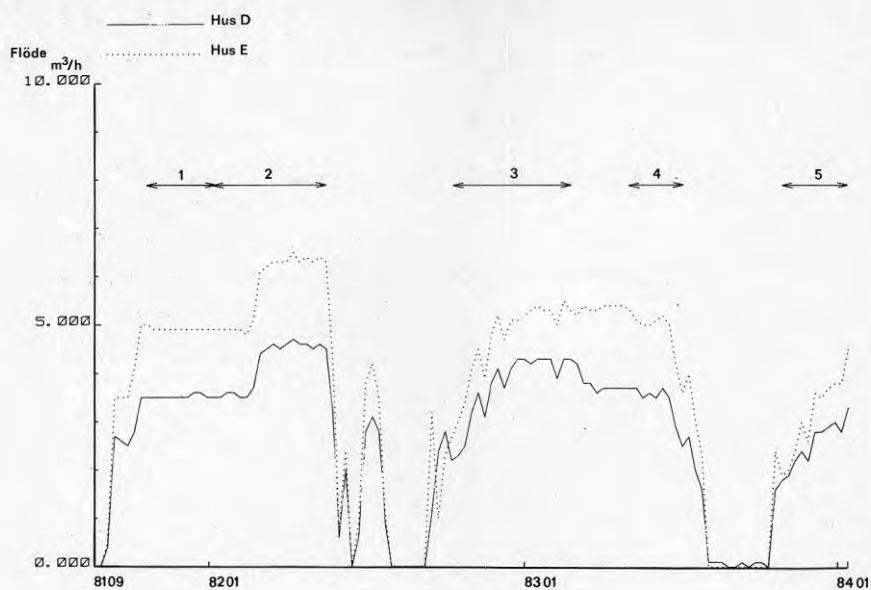


FIG.7.4 Radiatorflöde som funktion av tiden för samtliga i kv Hussvalan ingående hus. Numrerade områden anger tidsperioder använda vid utvärderingen

Period 3 - Termostatventiler installeras i övriga hus. I hus C dock först under mitten av perioden. Reglerkurvan har ändrats så att ytterligare en temperatursänkning till ca 22°C i medeltal för samtliga hus har erhållits. I slutet av perioden stannar vattenmätaren till energimätaren för hus C. Perioden har en bra inställning av reglerkurvan vilken ger jämn innetemperatur oberoende av utetemperaturen. Radia-
tortermostaternas funktion kan märkas genom ett svagt avtagande samband i FIG.10.5 mellan radiatorflöde och innetemperatur.

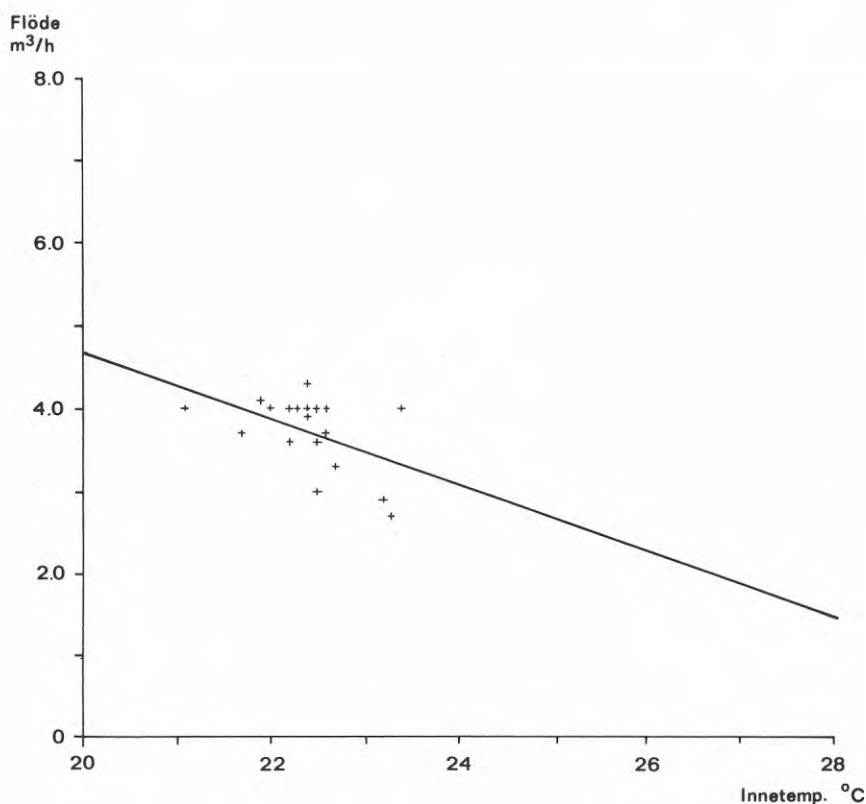


FIG.7.5 Radiatorflöde som funktion av innetemperaturen för hus B under period 3

Period 4 - Samtliga energibesparande åtgärder är vidtagna inklusive injustering. En markerad ändring av flödesfördelningen kan observeras i FIG.7.4 för hus A,B och D. Reglerkurvan har ändrats från tidigare period. Temperaturnivån inne är någon tiondel högre i medeltal jämfört med period 3. Tidsperioden är lämplig för utvärdering efter genomförda åtgärder. Inställningen av reglerkurvan har troligen varit alltför "snål" vilket också framgår av FIG.7.6 där nu inomhustemperaturen avtar med ökad utetemperatur under eldningssäsong. Något tydligt samband mellan radiatorflöde och innetemperatur finns ej längre eftersom reglerkurvan nu är så låg att radiator-termostaterna ej längre kan dominera.

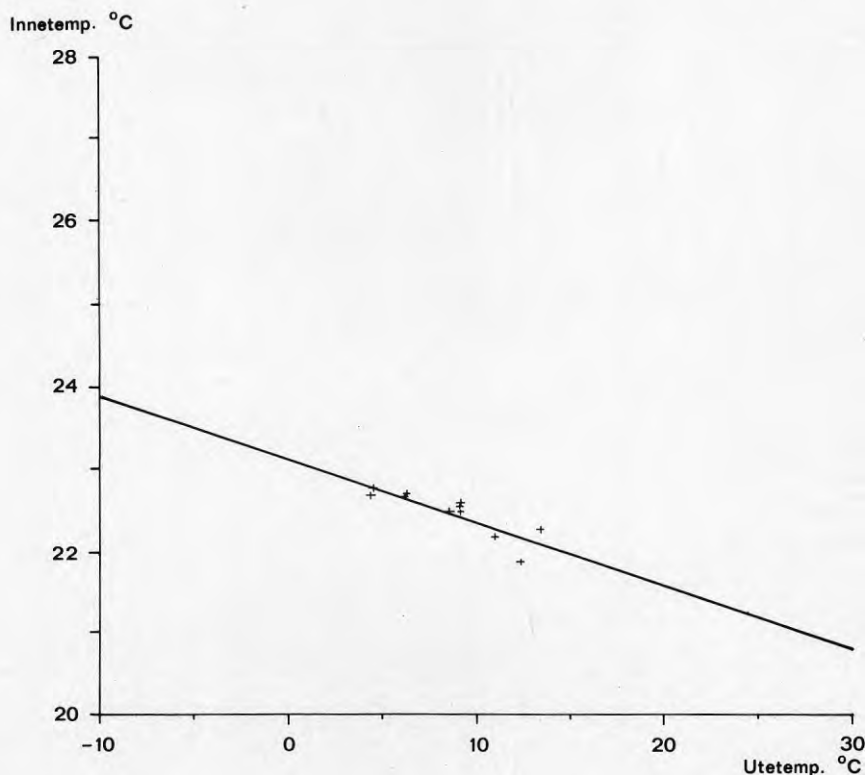


FIG.7.6 Innetemperatur som funktion av utetemperaturen för hus B under period 4

Period 5 - Perioden karakteriseras av en kraftigt ändrad reglerkurva vilket medför en höjning av inomhustemperaturen från under period 4 ca 22.2 till ca 23.5 i medeltal mellan husen. Reglerkurvan är nu betydligt högre ställd och radiatortermostatventilerna börjar nu påverka energitillförseln vilket märks på sambandet mellan radiatorflöde och innetemperatur enligt FIG.7.7.

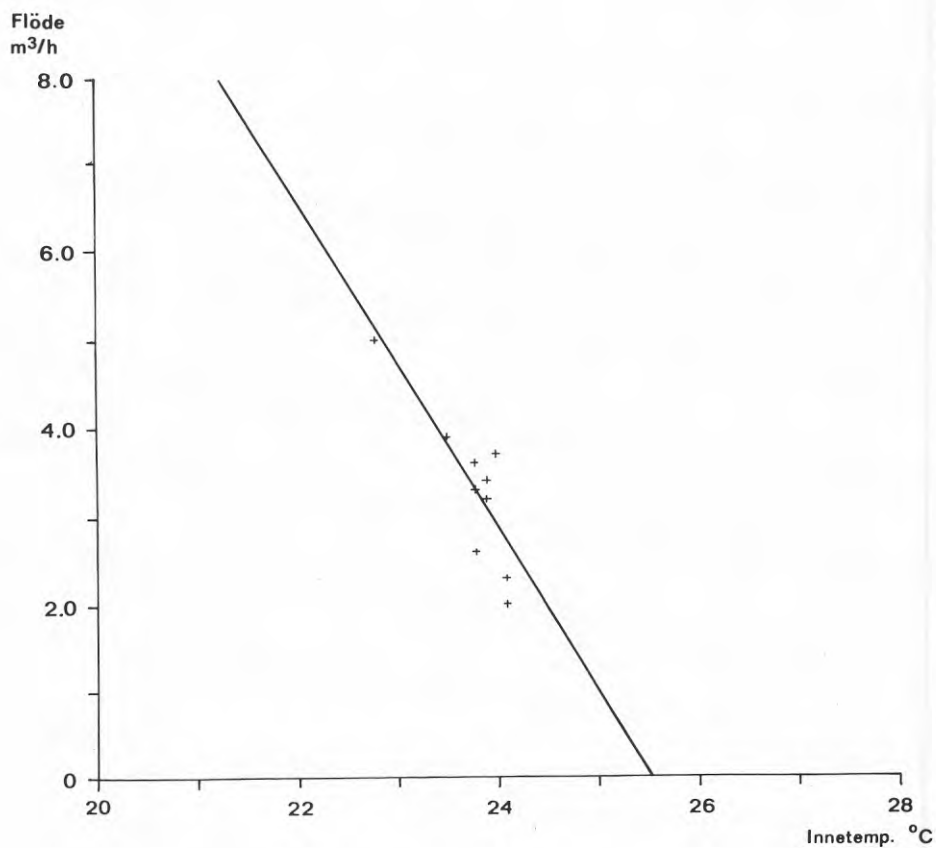


FIG.7.7 Radiatorflöde som funktion av innetemperaturen för hus B under period 5

7.1.3 Normalårsförbrukning, kv Hussvalan

Genom att avsätta sambandet mellan tillförd effekt som funktion av utetemperaturen för samtliga redovisade perioder och samtliga hus har en prognos för energiförbrukningen under ett normalår (1951-1980) beräknats. Sambandet mellan effekt och utetemperatur exemplifieras i FIG.7.8. Av figuren framgår de rätlinjiga sambanden för respektive period som beräknats med minsta kvadratmetoden.

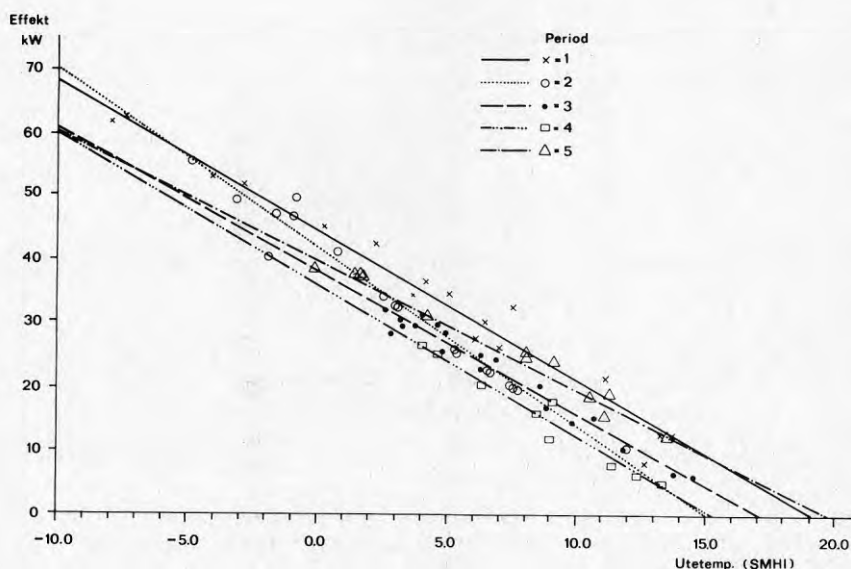


FIG.7.8 Radiatoreffekt som funktion av utetemperatur för hus A under samtliga studerade perioder

Beräknad normalårsförbrukning redovisas i matrisen i TAB.7.4. Övre raden för respektive hus anger förbrukningen om reglerkurvan följs hela året och undre raden gäller om cirkulationspumpen stängs så att energiförbrukningen under juni, juli och augusti blir noll. Värden inom parentes anger energiförbrukningen uttryckt per m^2 BLY+LLY. Lämpliga perioder för utvärdering av besparingseffekten är period 1 för föremätning och period 4 och 5 för eftermätning. Som framgår av TAB.7.4 innebär detta att hus C av denna anledning ej kan utvärderas. Av

tabellen framgår vidare att besparingen kan beräknas på två alternativa reglerkurvor för eftermätningsperioden. Dels med alternativet enligt period 4 med en innetemperatursänkning från drygt 23 °C till 22.2 och dels med alternativet bibehållen eller till och med något ökad innetemperatur i genomsnitt mellan husen. Beräknade besparingar för de två alternativen framgår av TAB.7.5. I tabellen redovisas besparingarna för respektive hus totalt, per m² BLY+LLY samt procentuellt för ett normalår 1951-1980 för alternativet med cirkulationspump igång och avstängd under månaderna juni, juli och augusti.

I TAB.7.6 sammanställs inomhustemperaturerna för samtliga hus under utvärderingsperioderna 1-5. Redovisningen omfattar medel-, max- och mintemperatur samt standardavvikelse under resp period.

TAB.7.4 Normalårsförbrukning i MWh 1951-1980, kv Hussvalan. Övre rad inom resp hus anger förbrukning med cirkulationspump igång under juni, juli och augusti och undre rad med cirkulationspump stängd under samma period, dvs nollförbrukning under dessa månader. Värden inom parentes gäller motsvarande förbrukning i kWh/m² BLY+LLY.

Hus	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
A, 1394 m ²	239 (171) 219 (157)	182 (131) 182 (131)	179 (129) 175 (125)	158 (114) 158 (114)	214 (153) 195 (140)
B, 1394 m ²	250 (179) 231 (166)	179 (129) 179 (129)	170 (122) 168 (121)	158 (113) 158 (113)	224 (161) 203 (146)
C, 1086 m ²	-	-	173 (159) 173 (159)	131 (121) 131 (121)	187 (173) 172 (158)
D, 939 m ²	197 (210) 179 (191)	201 (214) 181 (193)	159 (169) 149 (159)	151 (160) 151 (160)	177 (188) 161 (172)
E, 1377 m ²	291 (211) 291 (211)	257 (186) 245 (178)	217 (158) 212 (154)	195 (142) 195 (142)	260 (189) 238 (173)
Total fjärrvärme					
6190 m ²	1808 (292) 1699 (275)	1562 (252) 1548 (250)	1482 (239) 1474 (238)	1351 (218) 1351 (218)	1678 (271) 1582 (255)

TAB.7.5 Energibesparing i MWh för normalåret 1951-1980, kv Hussvalan. Övre rad inom resp hus anger förbrukning med cirkulationspump igång under juni, juli och augusti och undre rad med cirkulationspump stängd under samma period, dvs nollförbrukning under dessa månader.

	Period 1-4			Period 1-5		
	MWh	kWh/m ² BLY+LLY	%	MWh	kWh/m ² BLY+LLY	%
A, 1394 m ²	80 61	58 44	34 28	25 24	18 17	11 8
B, 1394 m ²	92 73	66 52	37 32	26 28	19 20	7 9
C, 1086 m ²	-	-	-	-	-	-
D, 939 m ²	46 29	49 31	25 16	20 18	21 19	10 10
E, 1377 m ²	96 96	69 69	33 33	31 53	22 38	11 18
Total fjärrvärme						
6190 m ²	457 348	74 56	25 21	130 116	21 19	7 11

TAB.7.6 Inomhustemperaturer, kv Hussvalan, redovisat för samtliga hus A-E under utvärderingsperioderna 1-5. Värden inom parentes avser standardavvikelse

Hus	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
A max	23.8	23.6	23.7	22.7	23.7
medel	23.1 (0.5)	22.6 (0.6)	23.5 (0.5)	22.5 (0.2)	23.4 (0.3)
min	22.4	21.4	22.0	22.3	22.8
B max	23.8	23.8	23.3	22.8	24.1
medel	23.3 (0.3)	22.8 (0.6)	22.4 (0.4)	22.5 (0.3)	23.8 (0.4)
min	22.9	22.0	21.7	21.9	22.8
C max	24.2	23.6	23.5	22.3	23.6
medel	23.7 (0.3)	23.2 (0.3)	22.3 (0.6)	22.1 (0.1)	22.9 (0.5)
min	23.4	22.8	21.5	21.9	22.0
D max	23.1	23.9	22.4	22.4	23.6
medel	22.7 (0.4)	23.1 (0.4)	21.7 (0.3)	22.9 (0.3)	23.1 (0.4)
min	22.0	22.7	21.4	21.5	22.1
E max	22.1	23.6	22.4	21.6	22.9
medel	21.9 (0.2)	22.4 (0.7)	21.1 (0.4)	21.4 (0.2)	22.4 (0.5)
min	21.7	21.5	20.4	21.0	21.2

7.1.4 Luftomsättning, kv Hussvalan

I TAB.7.7 redovisas genomförda luftomsättningsmätningar inom kv Hussvalan. Lägenhetsbeteckningar följer temperaturgivarnas placering i lägenheter enligt FIG.6.3. Av tabellen framgår även under vilka förutsättningar mätningarna skett. Samtliga mätningar är genomförda efter energibesparande åtgärder vidtagits. Eftersom ventilationen sker genom självdrag blir den relativt låg och i medeltal för samtliga hus endast 0.37 h^{-1}

TAB.7.7 23 lägenheter med i medeltal en luftomsättning av 0.37 h^{-1} och en standardavvikelse på 0.14. Maximal omsättning är 0.65 och minsta 0.17

Lägenhet	Luftoms	Innetemp momentan	Innetemp medel för vecka	Ute- temp	Ute- temp enl SMHI	Vind- riktning	Lägen- hetstyp	Vån	Mätdatum
	1/h	°C	°C	°C	°C	m/s			
Hus A									
TA101	0.65	23.0	23.63	-1.5	-2.6	1.5 SO	2 rok	1:a	840217
TA304	0.30	21.0	21.18	-2.5	-3.0	2.3 SO	3 rok	3:e	840217
TA203	0.32	23.0	-	2.0	1.4	1.7 O	2 rok	2:a	840227
TA308	0.17	24.5	24.60	1.0	-0.6	0. -	2 rok	3:e	840228
TA310	0.39	23.5	22.87	5.5	5.4	1.6 SV	4 rok	3:e	840306
Hus B									
TB101	0.61	23.5	22.81	3.8	3.9	2.0 SV	2 rok	1:a	840306
TB210	0.19	23.5	23.57	1.5	-0.2	0.8 V	3 rok	2:a	840228
TB110	0.24	23.5	23.18	0.7	0.2	1.2 V	3 rok	1:a	840228
TB107	0.42	23.0	23.01	1.6	1.1	0.9 SV	3 rok	1:a	840229
TB207	0.38	23.5	23.29	0.8	1.8	5.4 SO	3 rok	2:a	840301
TB102	0.42	23.0	21.80	3.2	2.1	1.0 N	1 rokvrå	1:a	840308
Hus C									
TC106	0.47	23.0	22.59	1.7	0.4	1.9 O	2 rok	1:a	840215
TC104	0.50	21.5	23.18	-1.0	-2.1	0 -	2 rok	1:a	840214
TC304	0.30	21.7	22.31	-0.9	-2.0	1.3 V	2 rok	3:e	840214
Hus D									
TD101	0.41	23.5	22.49	7.5	6.3	1.5 NV	2 rok	1:a	840305
TD104	0.64	23.5	21.82	4.5	1.6	1.0 NO	3 rok	1:a	840309
TD102	0.28	24.0	23.19	4.5	2.4	0.7 N	2 rok	1:a	840313
TD206	0.25	22.5	22.44	4.0	2.9	1.8 SO	3 rok	2:a	840313
Hus E									
TE205	0.37	23.5	21.22	3.6	2.6	0.3 NV	2 rok	2:a	840210
TE203	0.36	22.0	21.28	-1.2	-2.2	1.8 N	2 rok	2:a	840214
TE201	0.26	22.0	22.16	3.0	2.6	1.3 SO	3 rok	2:a	840208
TE303	0.53	21.5	21.34	2.8	2.2	1.5 SO	2 rok	3:e	840208
TE301	0.22	23.0	22.65	2.5	2.0	2.0 SO	3 rok	3:e	840207
Herrfrisör									
TE105	0.86	22.0	21.33	5.5	6.2	2.0 SV	2 rum	1:a	840306
MKB omr kontor									
TE101	1.08	20.5	19.75	4.0	5.7	3.5 SO	2 rum	1:a	840313

7.2 Erikstorp

7.2.1 Energistatistik, kv Erikstorp

Under eldningsåret 82/83 har kv Erikstorp totalt förbrukat 241.1 MWh exklusive hushållsel. Förbrukning av varmvatten- och varmvattencirkulationsenergi har under samma period uppgått till ca 60 MWh. Härvid har antagits en årlig temperaturskillnad mellan kall- och varmvatten på 45 °C. Vid omräkning av förbrukningsstatistiken till normalår för kv Erikstorp antas att den temperaturoberoende förbrukningen motsvarar 1983 års varmvatten- och vvc-energi, dvs 60 MWh. I TAB.7.8 redovisas total energiförbrukning för kv Erikstorp exklusive hushållsel och fastighetsel för ett antal eldningsår.

TAB.7.8 Total energiförbrukning, kv Erikstorp, exkl hushållsel och fastighetsel

Eldnings- år	Totalt avläst förbrukning 1)	Temperatur- beroende förbrukning	Andel grad- dagar i för- hållande till normal- år 2)	Korrigerad totalförbrukning 1)
	MWh	MWh	%	MWh
74/75	317.7 (227)	257.7	91	343.2 (246)
75/76	327.2 (234)	267.2	99	329.9 (236)
76/77	333.6 (239)	273.6	100	333.6 (239)
77/78	338.0 (242)	278.0	100	339.0 (243)
78/79	353.3 (253)	293.3	108	331.6 (237)
79/80	316.0 (226)	256.0	111	290.6 (208)
80/81	289.4 (207)	229.4	95	301.5 (216)
81/82	276.8 (198)	216.8	104	268.5 (192)
82/83	241.1 (173)	181.1	83	278.2 (199)
medelvärde=310.3 (222)			medelvärde=313.8 (224)	
standard-			standard-	
avvikelse = 35.1			avvikelse = 28.3	

1) Siffror inom parentes anger kWh/m²BLY+LLY

BLY = bostadslägenhetsyta

LLY = lokallägenhetsyta

BLY+LLY = 1397 m²

2) Normalåret avser perioden 1951-1980.

Av FIG.7.9 framgår att från eldningsåret 74/75 t o m 78/79 ligger energiförbrukningen nära nog konstant på ca en standardavvikelse, 28 MWh, över hela seriens medelvärde, 314 MWh. Från och med ledningsåret 79/80 sänks energiförbrukningen till ca en standardavvikelse under medelnivån för hela perioden. Betraktas hela perioden kan en årlig energibesparing med ca 9 MWh beräknas. Korrelationskoefficienten blir -0.896 . Av FIG. 7.9 framgår att vid årsskiftet 82-83 var samtliga energibesparande åtgärder vidtagna. Trots detta erhålls en något större energiförbrukning eldningsåret 82/83 än för eldningsåret 81/82.

En motsvarande omräkning av förbrukning till normalår har genomförts för kalenderåren 83 till 85. Förbrukningarna är inlagda som streckade staplar i FIG.7.9.

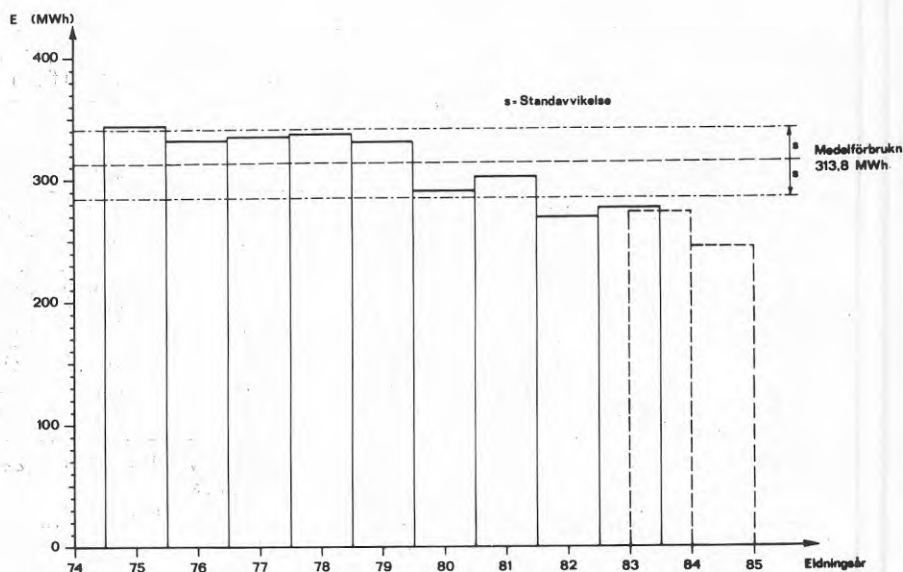


FIG.7.9 Total energiförbrukning, kv Erikstorp, exkl hushållsel och fastighetsel. Redovisat medelvärde avser eldningsåren 74/75 t o m 82/83. Streckade staplar avser kalenderåren 83 till 85 då samtliga energisparåtgärder är genomförda

I TAB.7.9 redovisas fjärrvärmeförbrukningen för kv Erikstorp uppdelad på delposterna radiatorer, varmvatten och varmvattencirkulation för perioden 830101-831231. Förbrukningen anges okorrigerad för normalår. Redovisningen innefattar energimängd, energimängd per kvadratmeter bostadslägenhetsyta plus lokallägenhetsyta samt energimängd per lägenhet och lokal.

I TAB.7.10 sammanställs elförbrukning och vattenförbrukning för kv Erikstorp under mätperioden 830101-831231.

TAB.7.9 Kv Erikstorp, fjärrvärmeförbrukning för perioden 830101-831231 med uppdelning på delposter

Förbrukningsenhet	Sort	Energi	Andel %
Radiatorer	MWh	189	77
Varmvatten	MWh	42	17
Varmvattencirkulation	MWh	15	6
Total fjärrvärme	MWh	246	100
Radiatorer	kWh/m ² BLY+LLY	135	
Varmvatten	kWh/m ² BLY+LLY	30	
Varmvattencirkulation	kWh/m ² BLY+LLY	10	
Total fjärrvärme	kWh/m ² BLY+LLY	176	
Radiatorer	kWh/lgh, lokal	7560	
Varmvatten	kWh/lgh, lokal	1680	
Varmvattencirkulation	kWh/lgh, lokal	600	
Total fjärrvärme	kWh/lgh, lokal	9840	

TAB.7.10 Kv Erikstorp, förbrukningsstatistik för perioden 830101-831231

Hushållsel, kWh	36186
Fastighetsel, kWh	18776
Lokalel, kWh	665
Summa el, kWh	55627
Vattenförbrukn, m ³	2304
Hushållsel, kWh/m ² BLY	26.9
Lokalel, kWh/m ² LLY	12.6
Fastighetsel, kWh/m ² BLY+LLY	13.4
Total el, kWh/m ² BLY+LLY	39.8
Vattenförbr, m ³ /m ² BLY+LLY	1.65
Hushållsel, kWh/lgh	1508
Lokalel, kWh/lokal	665
Fastighetsel, kWh/lgh o lokal	751
Total el, kWh/lgh o lokal	2225
Vattenförbr, m ³ /lgh o lokal	92.2

7.2.2 Uppmätta effekter och temperaturer, kv Erikstorp

I FIG.7.10 redovisas radiatoreffekten som funktion av tiden för hela mätperioden. I FIG.7.11 sammanställs innetemperaturer, registrerade i frånluftskanaler, som funktion av tiden. Mätperioden kan uppdelas i en föremättningsperiod, en ombyggnadsperiod och en eftermättningsperiod. Perioderna är markerade i FIG.7.10 och 7.11 och benämns A, B resp C.

Genom att jämföra före- och eftermättningsperioden med avseende dels på medeltemperaturen inne som funktion av utetemperatur i FIG.7.12 och dels effekt mot utetemperatur i FIG.7.13 kan konstateras att samma reglerkurva för båda perioderna tycks ha använts. Kurvan är ställd så att något lägre innetemperatur erhålls vid minskande utetemperatur.

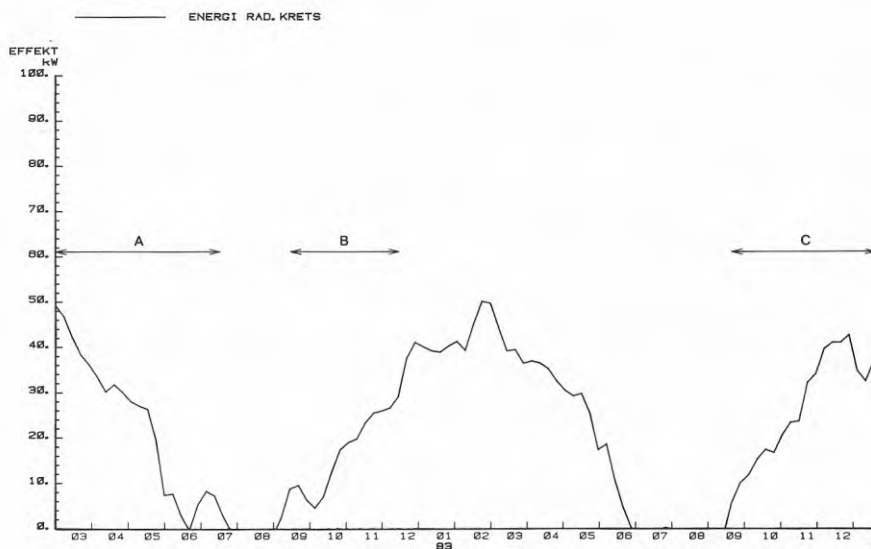


FIG.7.10 Radiatoreffekt som funktion av tiden, kv Erikstorp. Tidsperiod A motsvarar föremättningsperiod och tidsperiod B eftermättningsperiod

Innetemperaturen under föremättningsperioden har i genomsnitt uppgått till 23.7°C och under eftermättningsperioden 23.6°C . Standardavvikelsen under samma perioder har beräknats till 0.6°C resp 0.7°C .

Till observationerna i FIG.7.13 har två rätlinjiga samband, ett för föreperioden och ett för efterperioden, anpassats med minsta kvadratmetoden. Beräknade regressionslinjer har utnyttjats för att göra en prognos av energiförbrukningen före och efter åtgärd under ett normalår (1951-1980).

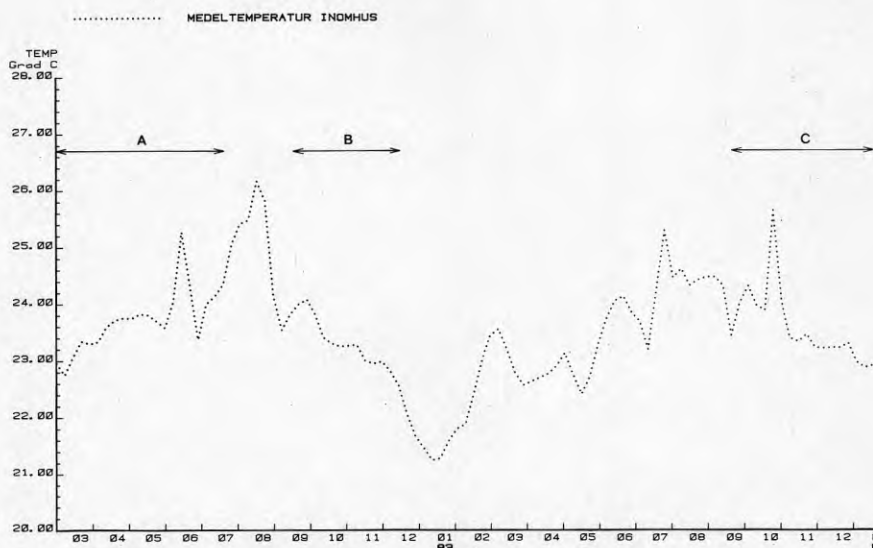


FIG.7.11 Innetemperatur som funktion av tiden, kv Erikstorp.
Tidsperiod A motsvarar föremättningsperiod och tidsperiod B eftermättningsperiod

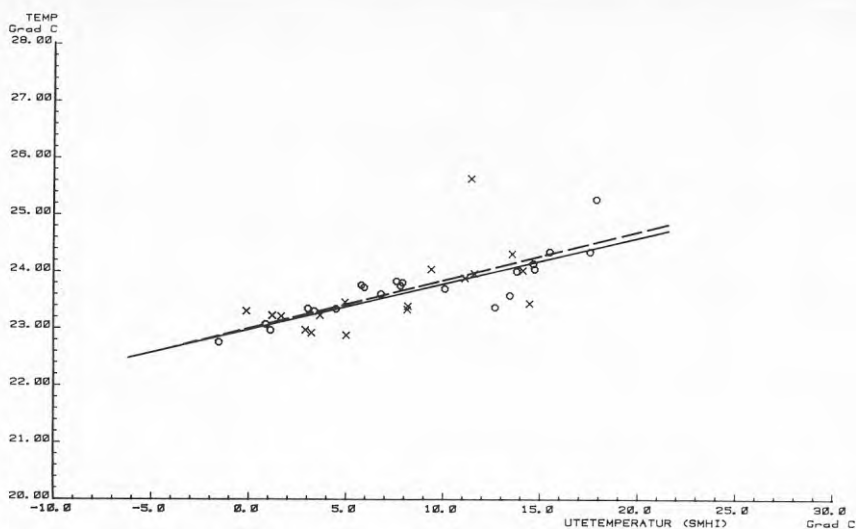


FIG.7.12 Medeltemperatur inne som funktion av utetemperatur, kv Erikstorp. Heldragen linje avser föremätning och streckad eftermätning

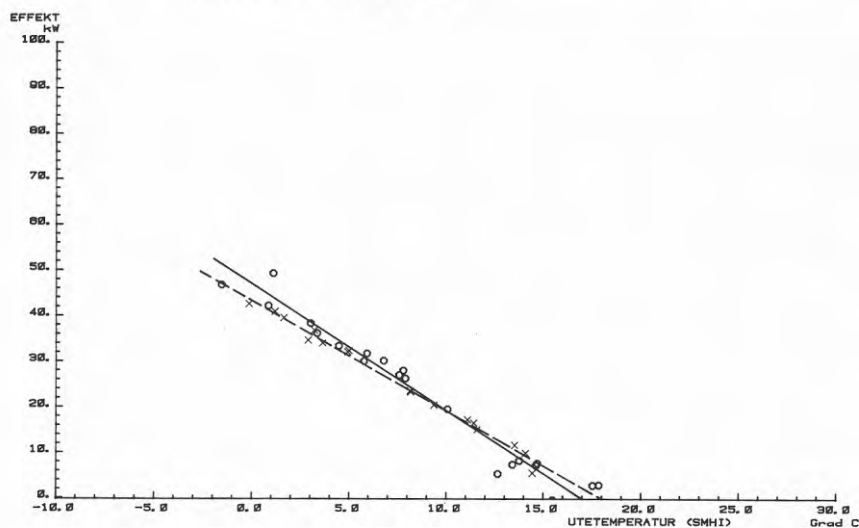


FIG.7.13 Radiatoreffekt som funktion av utetemperatur, kv Erikstorp. Heldragen linje avser föremätning och streckad eftermätning

7.2.3 Normalårsförbrukning, kv Erikstorp

Beräknad normalårsförbrukning redovisas i TAB.7.11. Övre rad anger förbrukningen om reglerkurvan följs hela året och undre raden gäller om cirkulationspumpen stängs så att energiförbrukningen under juni, juli och augusti blir noll. Värden inom parentes anger energiförbrukningen uttryckt per $\text{m}^2\text{BLY+LLY}$.

TAB.7.11 Normalårsförbrukning i MWh 1951-1980, kv Erikstorp.

Övre rad anger förbrukning med cirkulationspump igång under juni, juli och augusti och undre rad med cirkulationspump stängd under samma period, dvs nollförbrukning under dessa månader. Värden inom parentes gäller motsvarande förbrukning i $\text{kWh/m}^2\text{BLY+LLY}$

	Period A, före	Period C, efter
Erikstorp, 1397 m^2	219 (157) 213 (152)	214 (153) 204 (146)
Total fjärrvärme	279 (199) 275 (196)	267 (191) 261 (187)

TAB.7.12 Energibesparing i MWh för normalåret 1951-1980, kv Erikstorp. Övre rad anger förbrukning med cirkulationspump igång under juni, juli och augusti och undre rad med cirkulationspump avstängd under samma period, dvs nollförbrukning under dessa månader.

	MWh	$\text{kWh/m}^2\text{BLY+LLY}$	%
Erikstorp, 1397 m^2	6 9	4 6	3 4
Total fjärrvärme	11 14	8 10	4 5

I TAB.7.12 visas beräknade besparingar totalt, per m^2 BLY+LLY samt procentuellt för ett normalår 1951-1980. Sammanställningen redovisas dels med cirkulationspump igång och dels avstängd under månaderna juni, juli och augusti.

7.2.4 Luftomsättning, kv Erikstorp

I TAB.7.13 sammanställs genomförda luftomsättningar i Erikstorp. Samtliga mätningar är genomförda efter energibesparande åtgärder vidtagits. Ventilationen som sker med frånluftsfläkt är betydligt högre än för kv Hussvalan. I medeltal uppgår luftomsättningen till 0.88 h^{-1} för de mätta lägenheterna under redovisad period. Dock kan konstateras att spridningen mellan lägenheter är relativt stor. Beräknad standardavvikelse är 0.51 h^{-1} . I två fall, lgh 5 och 6, har infiltrationen mätts till 0.19 h^{-1} resp 0.42 h^{-1} . Frånluftsfläktar styrs med ett kopplingsur så att den stängs av mellan kl 2000 och 0600. I lägenhet 6 uppmättes "normalventilationen" med avstängd fläkt till 0.67 h^{-1} mot 1.82 med fläkt igång.

TAB.7.13 Sammanställning över genomförda luftomsättningsmätningar i 7 lägenheter, kv Erikstorp

Lägenhet	Luft- oms h^{-1}	Innetemp momentan $^{\circ}\text{C}$	Utetemp momentan $^{\circ}\text{C}$	Utetemp enligt SMHI $^{\circ}\text{C}$	Vind- hast/riktn m/s	Lgh-typ	Vän	Datum
<u>Erikstorp</u>								
lgh 1	0.61	24.3	0	-0.2	0.5 S	3 rok	4:e	840320
lgh 2	0.35	23.5	1.4	1.4	0.5 S	4 rok	4:e	840320
lgh 3	0.83	25.1	2.0	1.2	2.2 N	3 rok	6:e	840327
lgh 4	0.57	22.6	2.0	1.9	1.8 N	3 rok	2:a	840327
lgh 5	0.71	23.0	2.5	2.2	1.7 N	4 rok	2:a	840327
lgh 6	1.82	22.5	7.0	4.6	3.4 N	1 rokv	2:a	840328
lgh 7	1.30	23.5	6.0	5.2	2.1 S	2 rok	5:e	840330

7.3 Kroksbäck

7.3.1 Energistatistik, Kroksbäck

Inom Kroksbäcksområdet har som tidigare sagts inga föremätningar skett. Den förbrukningsstatistik som finns tillgänglig inom området innefattar energimängder för fler hus än vad som ingår i projektet och mäthusens energiförbrukning kan därför ej utskiljas. Inom mätperioden har ombyggnadsåtgärder kontinuerligt genomförts och därmed påverkat statistiken. För att åskådliggöra svårigheterna att utvärdera energiförbrukningen under mätperioden med ombyggnadsåtgärder inom området redovisas energiförbrukningen i FIG.7.14 under ett antal år för Sörbäcksområdet där hus 9 och 10 ingår samt för Norrbäcksområdet där hus 3 och 4 ingår. Energiförbrukningen är grovt normalårskorrigerad på hela energiförbrukningen.

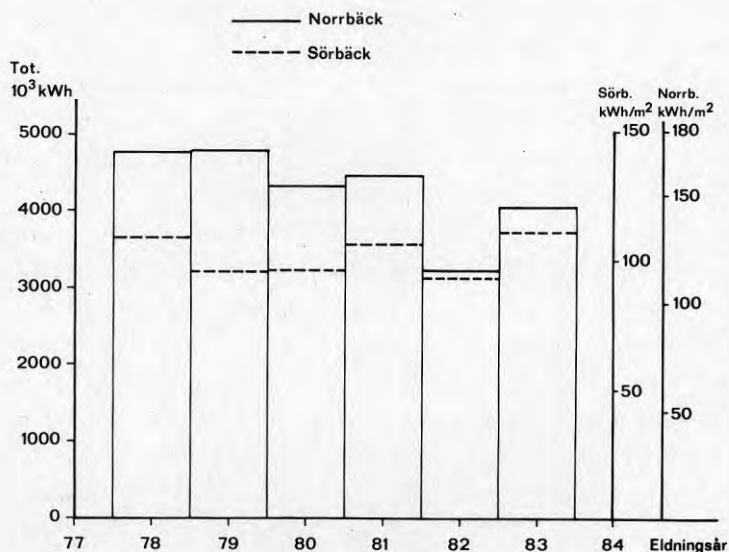


FIG.7.14 Total energiförbrukning, Kroksbäck, exklusive hushållsel och fastighetsel. Heldragen linje avser Sörbäck med hus 9 och 10 och streckad linje avser Norrbäck med hus 3 och 4.

7.3.2 Uppmätta effekter och temperaturer, Kroksbäck

I FIG.7.15 redovisas uppmätta innetemperaturer i hus 3 och 4. Heldragen linje avser medeltemperaturen i hus 3 mätt i frånluftskanaler och prickad linje medeltemperaturen mätt i samtliga lägenheter. Som framgår av figuren följer kurvorna varandra mycket väl dock är frånluftstemperaturerna ca 0.6°C högre än lägenhetstemperaturerna. Detta förklaras av att frånluftsdonen tar sin luft uppe vid taket. Dessutom påverkar kök, bad och toaletter mätningen eftersom frånluftsdonen är placerade i dessa utrymmen. Frånluftstemperaturen i hus 4 är inlagd som streckprickad linje i FIG.7.15. Husen är i princip helt lika och samma reglerkurva används. Frånluftskanalerna i hus 4 har samma utförande som i hus 3. Detta innebär att frånluftstemperaturerna bör följa varandra väl, vilket även framgår av FIG.7.15. En god uppskattning av lägenhetstemperaturerna i hus 4 fås om dessa uppskattas som 0.6°C lägre än frånluftstemperaturerna enligt streckprickad kurva.

I FIG.7.16 jämförs frånluftstemperaturerna i hus 9 och 10. Heldragen linje anger hus 9. Husen är i princip helt lika och samma reglerkurva används. Husen har likartat utförande av frånluftskanaler, dock med den skillnaden att läckage har konstaterats i dörrar och brandspjäll i hus 9. Frånluftstemperaturmätningen i de båda husen uppvisar enligt FIG.7.16 en tydlig likformighet. När det är varmt ute sammanfaller kurvorna nästan men under kallare perioder skiljer sig frånluftstemperaturerna från varandra. I januari är maximala skillnaden 1.4°C för att sedan åter minska i senare delen av februari och i början av mars. Skillnaden under kallare delar av året tolkas som inläckande utetemperatur. Temperaturmätningen i hus 10 är under rådande förhållanden därför en bättre uppskattning på verklig frånluftstemperatur i hus 9. Om informationen om skillnad i frånluftstemperatur och innetemperatur i hus 3 utnyttjas för hus 9 och 10 så innebär detta att lägenhetstemperaturerna i genomsnitt ligger ca 0.6°C lägre än i FIG.7.16 redovisade samband. Det innebär att inomhustemperaturen för hus 9 och 10 under redovisad period ligger mellan 21.7°C i oktober och 20.2°C i januari vilket förefaller rimligt.

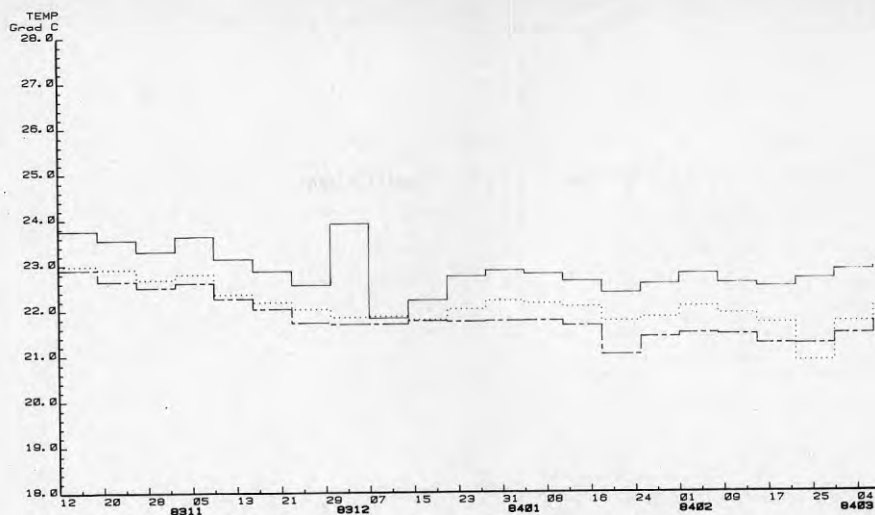


FIG.7.15 Frånluftstemperatur och lägenhetstemperatur som funktion av tiden. Heldragen linje frånluftstemperatur hus 3, prickad linje lägenhetstemperatur hus 3 och streckad linje frånluftstemperatur hus 4.

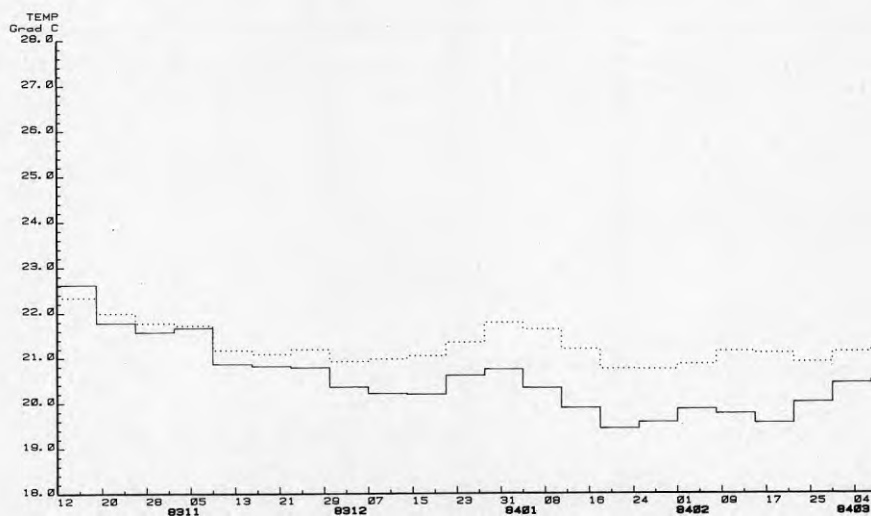


FIG.7.16 Frånluftstemperatur i hus 9 och 10 som funktion av tiden. Helt dragen linje hus 9 och prickad linje hus 10.

FIG.7.17 och 7.18 illustrerar sambandet mellan effekt och utetemperatur för hus 3 och 4 resp 9 och 10. I figurerna är regressionslinjer inlagda med hjälp av minsta kvadratmetoden. Sambanden har använts för att beräkna de i TAB.7.14 angivna normalårsförbrukningarna under ett normalår 1951-1980. I tabellen anges även energiförbrukningen omräknad till förbrukning per m^2BLY .

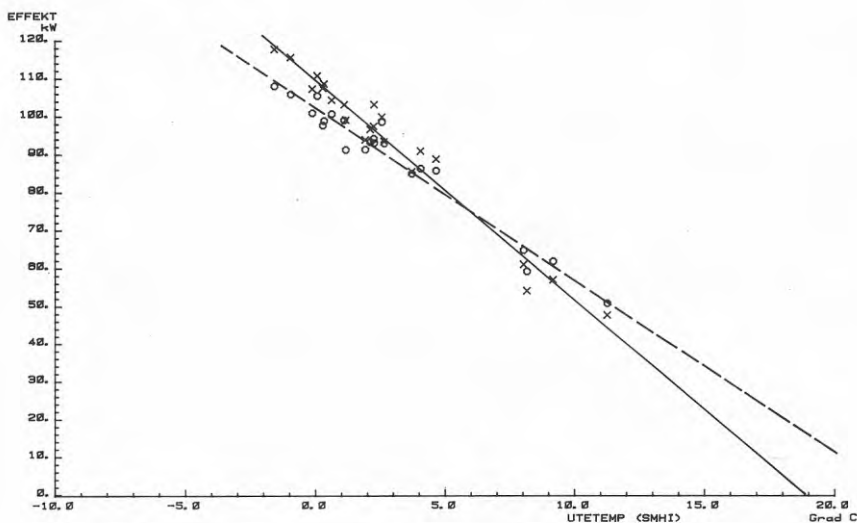


FIG.7.17 Radiatoreffekt som funktion av utetemperaturen. Heldragen linje hus 3 och streckad linje hus 4.

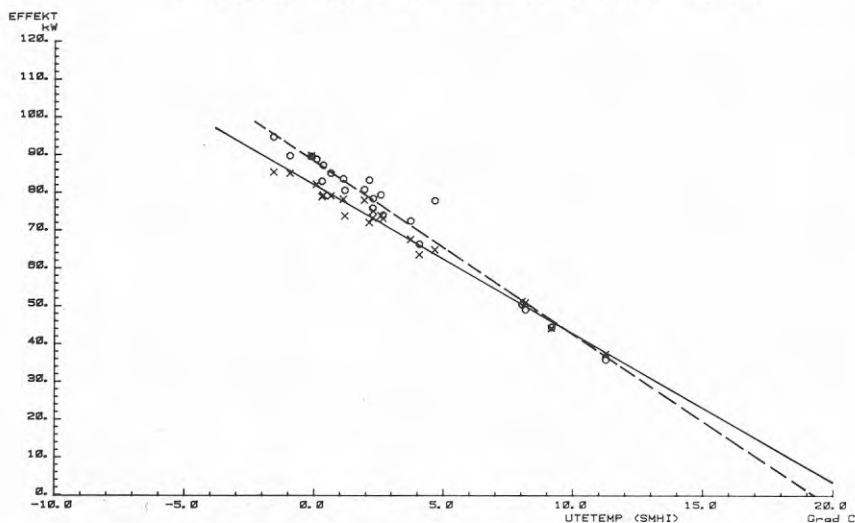


FIG.7.18 Radiatoreffekt som funktion av utetemperaturen. Heldragen linje hus 9 och streckad linje hus 10.

7.3.3 Normalårsförbrukning, Kroksbäck

Med hjälp av de ur FIG.7.17 och 7.18 beräknade sambanden har normalårsförbrukningen för radiatorenergi under ett normalår 1951-1980 framtagits enligt TAB.7.14. I tabellen anges även energiförbrukningen omräknad till förbrukning per m^2 BLY.

TAB.7.14 Beräknad normalårsförbrukning 1951-1980, Kroksbäcksområdet. Uppgifterna avser enbart radiatorenergi

Hus	Radiatorenergi enligt reglerkurva	Radiatorenergi per m^2 enligt reglerkurva	Radiatorenergi cirkulationspump stängd juni,juli,aug.	Radiatorenergi per m^2 enligt reglerkurva cirkulationspump stängd juni,juli,aug.
	MWh	kWh/ m^2 BLY	MWh	kWh/ m^2 BLY
3	560.9	81	525	76
4	582.8	84	519	75
9	446.3	64	406	59
10	455.8	66	424.8	61

För varmvatten + varmvattencirkulation tillkommer ca 30 kWh/ m^2 år för samtliga hus i tabellen.

7.3.4 Värmepumpar - värmefaktorer, Kroksbäck

I hus 3, 4 och 9 har frånluftsvärmepumpar installerats för varmvattenproduktion. Installerad effekt är 12.5 kW, 8 kW resp 8 kW. Installationen i hus 3 består av 3 st aggregat med installerad effekt 2x5 kW och 1x2.5 kW. Avgiven energi levereras till radiatorsystemet. I hus 4 och 9 består installationen av vardera ett aggregat och ackumulatorvolym 3.6 resp 4 m^3 . Avgiven energi används i båda fallen för värmning av tappvarmvatten.

FIG.7.19, 7.20 och 7.21 anger tillförd och avgiven effekt samt värmefaktor för de tre värmepumparna under perioden okt 83 - febr 84. Värmepumpen i hus 3 tillförs ca 10 kW i medeltal under större delen av redovisad period med en spridning av \pm ca 1 kW och avger i medeltal drygt 25 kW \pm ca 5 kW enligt FIG.7.19a. Av FIG.7.19b framgår att värmefaktorn är relativt konstant ca $2.5 \pm$ ca 0.15. Den relativa driftstiden blir ca 80%. Värmepumpen uppskattas täcka ungefär 35% av uppvärmningsbehovet för ett normalår 1951-1980.

Värmepumpen i hus 4 fungerar ej tillfredsställande som framgår av FIG.7.20a och 7.20b. Under vissa perioder har den förbrukat mer energi än den avgivit till varmvattenssystemet. Under resterande period har den haft en värmefaktor som i stort sett inte uppgått till mer än ca 1.15. Driftstiden har varit synnerligen låg ca 50%. Enligt uppgift har en av två kompressorer (4 kW) i värmepumpen varit ur funktion under längre tid av installationstiden. Värmepumpen uppges nu vara reparerad efter våra mätningars avslutande. Problem har även funnits vid dockningen av värmepumpen till befintligt värmesystem. Producerad värmeenergi har på grund av felaktig installation oavsiktligt använts för vvc-uppvärmning i övriga 3 hus inom Norrbäcksområdet.

Värmepumpen i hus 9 uppvisar de bästa prestanda bland de tre installerade. Av FIG.7.21a framgår kraftiga fluktuationer i påkallat effektbehov, mellan ca 7 till 25 kW. Den till värmepumpen tillförda effekten varierar mellan 2 och 8 kW. Trots de varierande driftsförhållandena förblir värmefaktorn tämligen konstant, i medeltal ca 3.1. Mellan 830616 och 840315 har värmefaktorn varit 3.3. Den relativa driftstiden blir ca 74% och värmepumpen täcker hela energibehovet för varmvattenuppvärmningen.

För samtliga värmepumpar gäller att prestanda avser endast värmepumpen och således ej hela installationen med ackumulatorer mm. Systemvärmefaktorn är således något lägre på grund av förluster i ackumulatorer, pumpar och erforderliga röranslutningar.

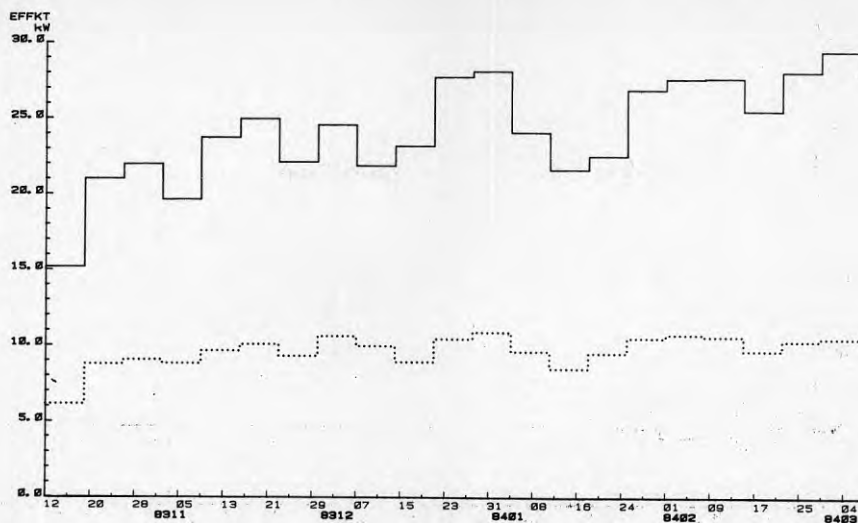


FIG.7.19a Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump i hus 3 som funktion av tiden.

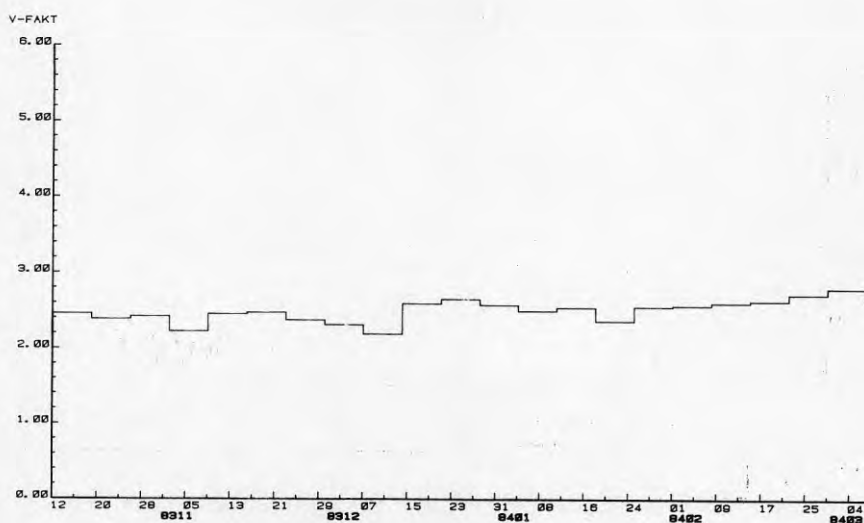


FIG.7.19b Värmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 3 som funktion av tiden.

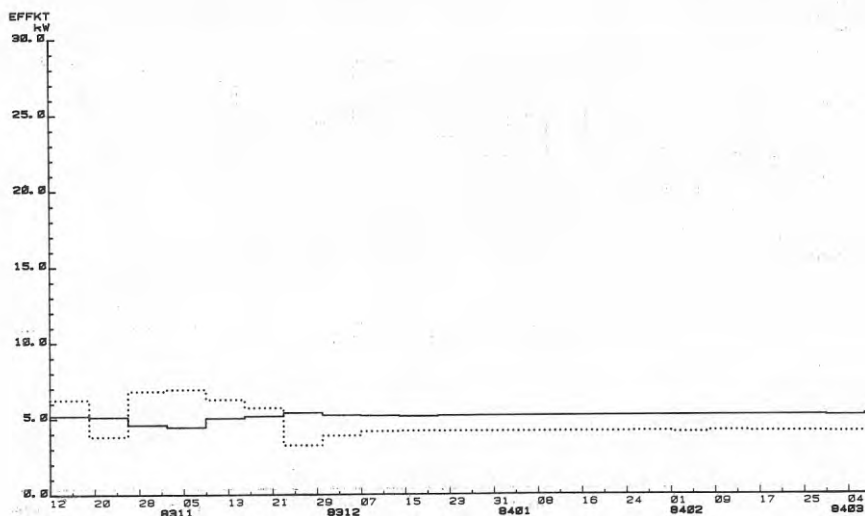


FIG.7.20a Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump i hus 4 som funktion av tiden.

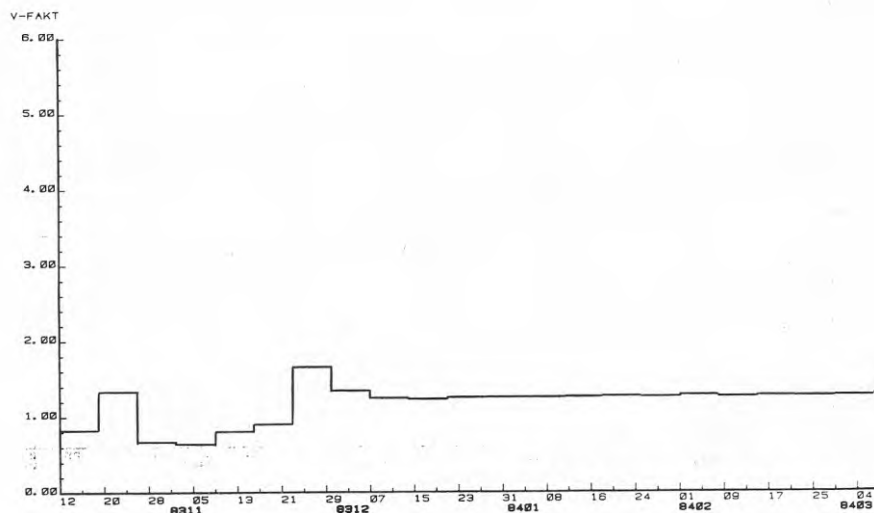


FIG.7.20b Värmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 4 som funktion av tiden.

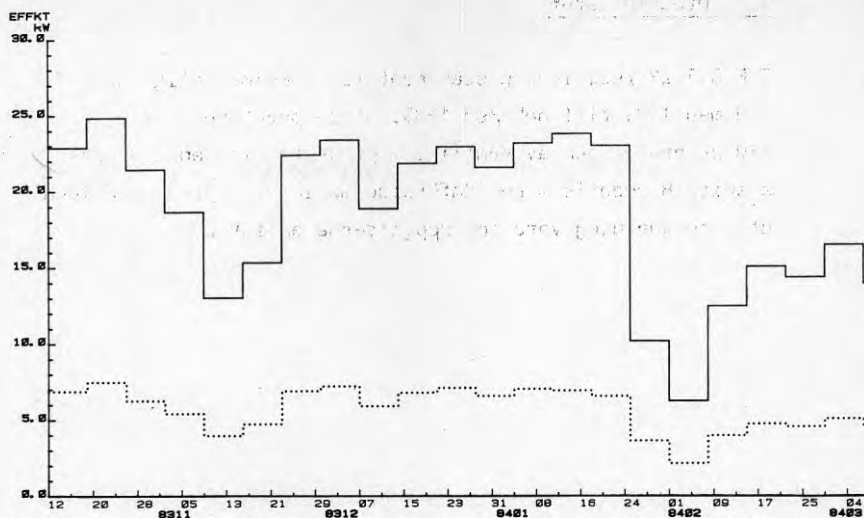


FIG.7.21a Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump i hus 9.

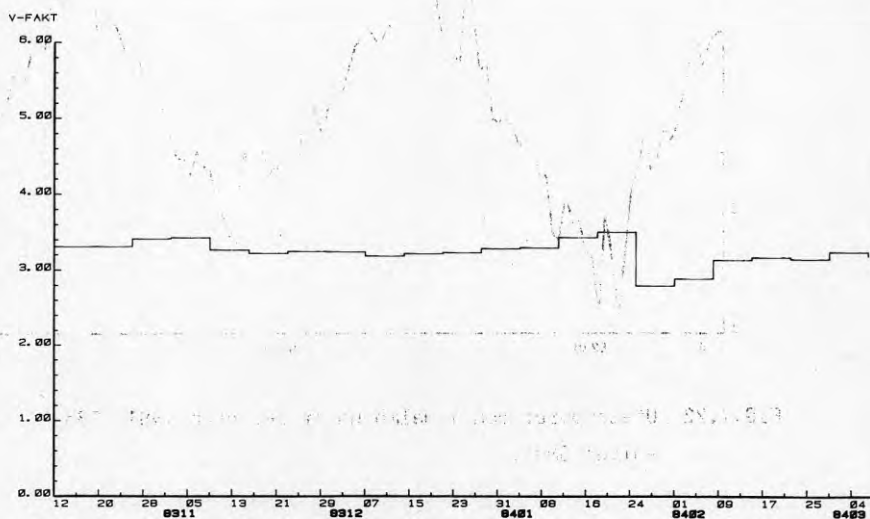


FIG.7.21b Värmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 9 som funktion av tiden.

7.4 Utetemperatur

I FIG.7.22 redovisas utetemperaturen i Malmö enligt SMHI från och med 1981 till och med 1983. Utetemperaturen har använts vid utvärderingen av samtliga i projektet ingående projekt. I avsnitt 8 redovisas en jämförelse mellan vid projekten lokalt utplacerade utgivare och uppgifterna enligt SMHI.

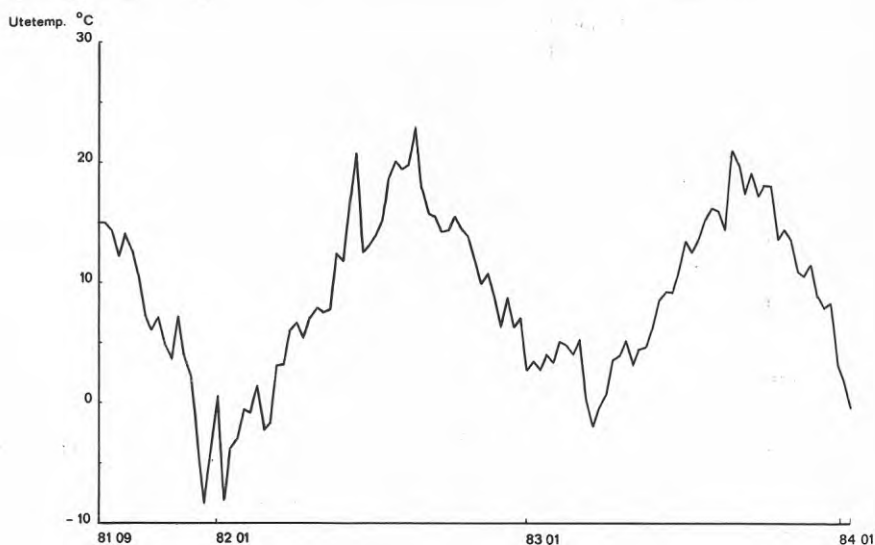


FIG.7.22 Utetemperaturen i Malmö under perioden 1981-1983 enligt SMHI.

8 ANALYS AV MÄTRESULTAT

8.1 Mätnoggrannhet

Mätutrustningen i kv Hussvalan och Erikstorp har efter avslutade mätningar inlämnats för kalibrering. Kalibreringen avser värmemängdsmätare inklusive temperaturgivare och vattenmätare. Värmemängdsmätarna och temperaturgivarna har kalibrerats av Malmö Energiverk och vattenmätarna av Mätarverkstaden, Malmö Gatukontor.

Resultaten av kalibreringarna sammanställs i TAB.8.1.

Uppmätta energier har analyserats med hjälp av kalibreringsvärdena i TAB.8.1. En korrektionsterm har framtagits för samtliga mätare med hjälp av uppmätta flöden och temperaturnivåer och redovisade felvisningar i TAB.8.1 under före- och eftermättningsperioden. För mätare i radiatorkrets har felvisningen för integreringsverket vid 35-30 °C använts och för fjärrvärmemätarna vid 100-70 °C. Resultatet presenteras i TAB.8.2.

I FIG.8.1 redovisas kalibrering av temperaturgivaren för utomhusmätningen.

I FIG.8.2 jämförs den kalibrerade givaren med utetemperaturen i Malmö enligt SMHI.

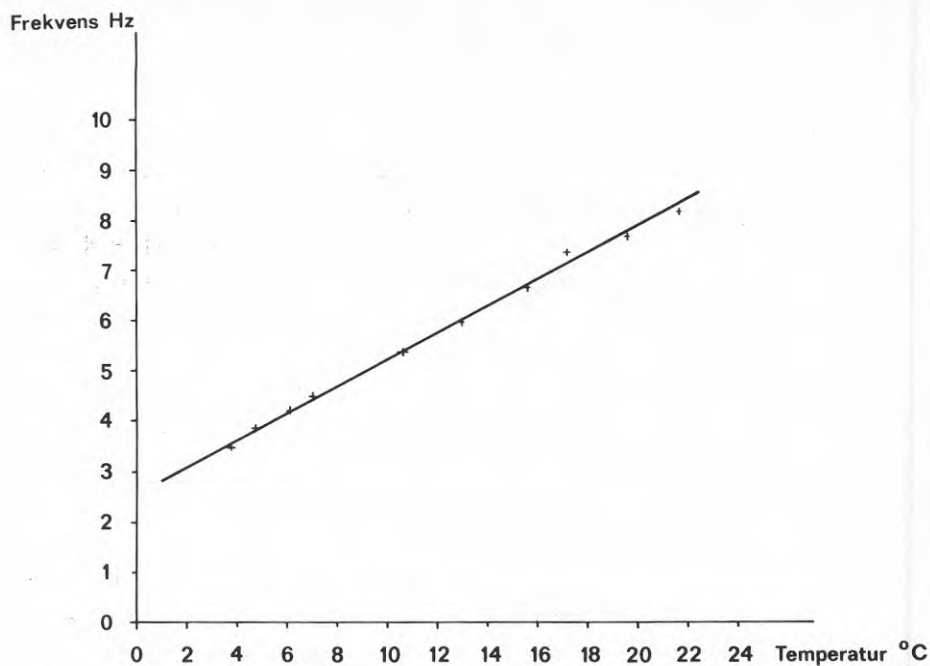


FIG.8.1 Kalibrering av utomhusgivare, kv Hussvalan

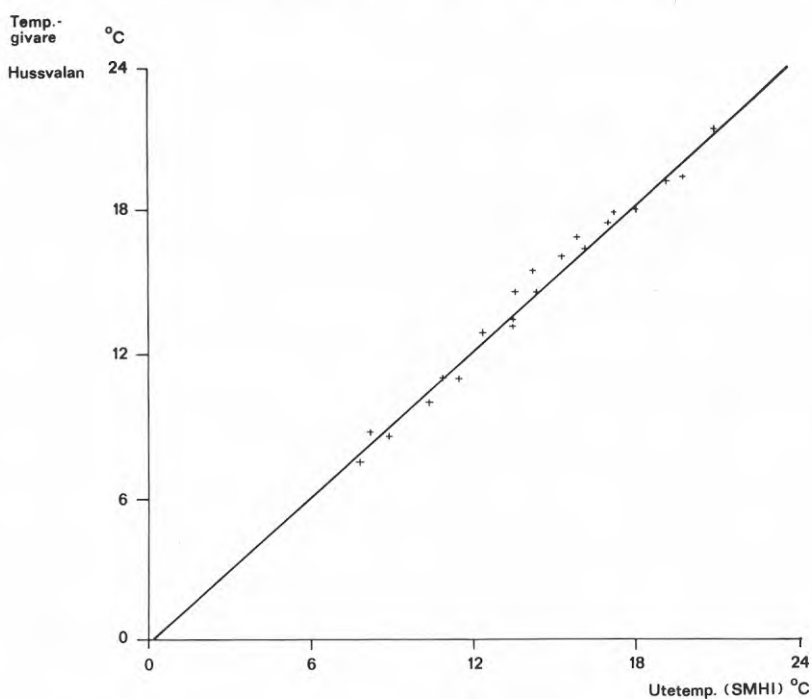


FIG.8.2 Jämförelse av kalibrerad utegivare för kv Hussvalan med utetemperatur i Malmö enligt SMHI.

TAB.8.1

Givarplacering	Vattenmätare	Integreringsverk										Termometrar	
												40	90
°C		72-70	75-80	82-70	100-70	35-30	130-125	150-125					
Hus- svalan A	12 0.5	0.75 -4	0.3 -14	3 -1.5	4 0	5					40.44	70.98	
Hus- svalan B	12 0.5	0.75 -6	0.3 -17	3 -3	4 -0.5	5					40.5	71.06	
Hus- svalan C	5 1	0.5 0	0.25 -4	3 0	4 0.5	5					40.16	70.54	
Hus- svalan D	5 2	0.5 -3	0.25 -12	3 1	4 2	5					40.55	71.13	
Hus- svalan E	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.10	71.52	
Hus- svalan F	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.21	71.71	
Hus- svalan G	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.18	70.23	
Hus- svalan H	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					39.78	70.15	
Hus- svalan I	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					39.91	70.81	
Hus- svalan J	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.5	71.35	
Hus- svalan K	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.58	70.47	
Hus- svalan L	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.54	70.38	
Hus- svalan M	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.66	70.91	
Hus- svalan N	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.78	71.03	
Hus- svalan O	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.90	71.06	
Hus- svalan P	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.99	71.33	
Hus- svalan Q	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.01	71.44	
Hus- svalan R	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan S	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan T	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan U	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan V	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan W	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan X	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan Y	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan Z	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan AA	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan AB	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan AC	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan AD	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan AE	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan AF	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan AG	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan AH	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan AI	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan AJ	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan AK	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan AL	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan AM	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan AN	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan AO	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan AP	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan AQ	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan AR	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan AS	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan AT	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan AU	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan AV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan AW	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan AX	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan AY	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan AZ	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BA	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BB	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BC	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BD	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BE	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BF	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BG	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BH	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BI	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BJ	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BK	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BL	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BM	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BN	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BO	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BP	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BQ	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BR	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BS	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BT	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BU	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					40.95	71.49	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.09	71.45	
Hus- svalan BV	12 0.5	0.75 -3	0.3 -5	3 -2	4 0	5					41.15	71.36	
Hus- svalan BV													

Sammanställning av kalibrering av värmemängdsmätare, temperaturgivare och vatten-
mätare. Övre rad för vattenmätare anger flöde i m³/h för vilket mätaren har kalibrerats
och undre raden anger % felvisning. Temperaturuppgifter för integreringsverken anger
kalibreringstemperaturer för fram- resp returgivare. Temperaturuppgifter i tabell-
huvud för termometrar anger börvärde vid kalibrering och temperaturuppgifter i tabell
anger fram- resp returgivarvärde vid angivet börvärde

TAB.8.2 Korrektionstermer till energimätare och korrigerad förbrukning enligt TAB.7.4 och 7.11 i kv Hussvalan och Erikstorp för före- och eftermätningar under ett normalår 1951-1980

Mätare	Föreperiod			Efterperiod		
	korr.term %	korr.förbr MWh	korr.förbr kWh/m ²	korr.term %	korr.förbr MWh	korr.förbr kWh/m ²
<u>Hussvalan</u>						
A	+4.7	249.8 229.6	178.8 164.6	+5.6	167.2 167.2	119.7 119.7
B	+6.4	266.0 245.8	190.4 175.7	+12.4	177.5 177.5	127.1 127.1
C	-			+3.6	136.2 136.2	125.4 125.4
D	-4.4	188.3 171.4	200.5 182.5	-9.9	135.7 135.7	145.5 145.5
E	+6.7	309.8 309.8	225.0 225.0	+14.9	224 224	162.7 162.7
vvc	+4.6	155.0	25.0	+5.8	157.0	25.4
fjärrvärme	+1.2	1829.5 1718.9	295 278	+1.2	1366.9 1366.9	221 221
<u>Erikstorp</u>						
fjärrvärme	-7.4	257.4 253.9	184 181	-7.4	247.0 241.1	176 172
vvc	+3.2	15.5	11.1	+3.2	15.5	11.1

TAB.8.3 Sammanställning fjärrvärmeförbrukning före och efter åtgärd för hela kv Hussvalan

Energipost	Period 1			Period 4			Besparing		% av totalt period 1
	MWh	kWh/m ²	%	MWh	kWh/m ²	%	MWh	kWh/m ²	
Hus A 1394	229.6	165	14	167.2	120	12	62.4	45	4
Hus B 1394	245.8	176	14	177.5	127	13	68.3	49	4
Hus C 1086	171.4	158	10	136.2	125	10	35.2	32	2
Hus D 939	171.4	183	10	135.7	145	10	35.7	38	2
Hus E 1377	309.8	225	18	224.0	163	16	85.8	62	5
[Radiatorer	1128.0	182	66	340.6	136	61	287.4	46	17
VVC	155.0	25	9	157.0	25	12	-2.0	-	0
VV	221	36	13	221.0	36	16	0	-	0
Hetvatten	30.0	5	1	30.0	5	2	0	-	0
Förluster	184.9	30	11	118.3	19	9	66.6	11	4
Totalt	1718.9	278	100	1366.9	221	100	352.0	57	21

8.2 Kulvert och undercentralsförluster, kv Hussvalan

För föremättningsperioden period 1 och eftermättningsperioden period 4 enligt TAB.7.4 har fjärrvärmeförbrukningen analyserats med avseende på ingående delposter.

VVC-förlusterna har normalårskorrigerats med hjälp av sambandet i FIG.8.3. För normalåret erhålls 157 kWh.

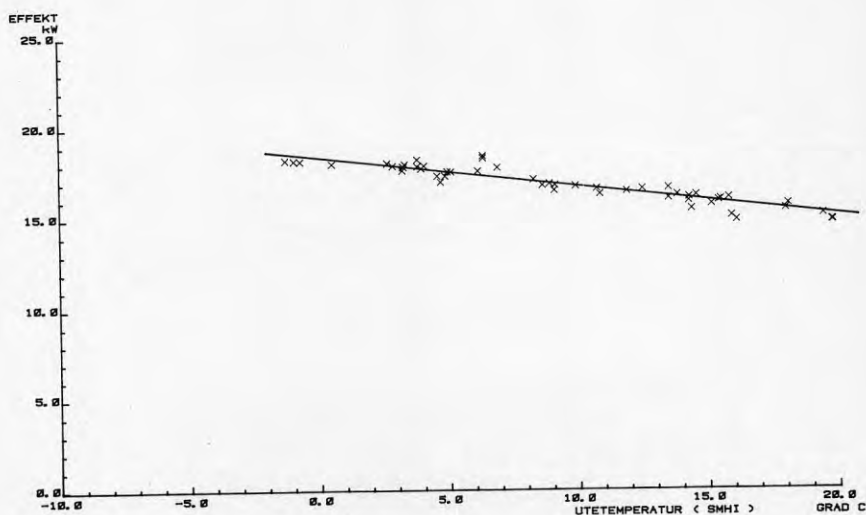


FIG.8.3 vvc-effekt som funktion av utetemperatur

En tvättstuga i hus C innehåller ett torkaggregat som förses med energi via hetvatten från undercentralen. Torkaggregatets energiförbrukning uppskattas till 30 MWh årligen.

Energi för tappvarmvatten antas följa 1983 års förbrukning dvs 221 MWh årligen.

En restpost kan beräknas enligt:

$$\text{Restpost} = \text{fjärrvärme} - \text{vv} - \text{vvc} - \text{radiator} - \text{hetvatten}$$

I FIG.8.4 har restposten + hetvatten avsatts som funktion av utetemperauren under hela 1983. Som framgår är denna starkt utetemperaturberoende. Effekten går aldrig ner mot noll. Den konstanta effekten tolkas som den över året antagna konstanta hetvattenproduktionen. Den utetemperaturberoende delen tolkas som sammanlagda förluster i distribution av energi mellan hus och i undercentralen. Förlusterna är i verkligheten en funktion av marktemperaturer kring kulvertar samt fram- och returtemperatur i radiatorsystemet. Framledningstemperaturen är dock starkt kopplad till utetemperaturen på grund av reglercentralens funktion.

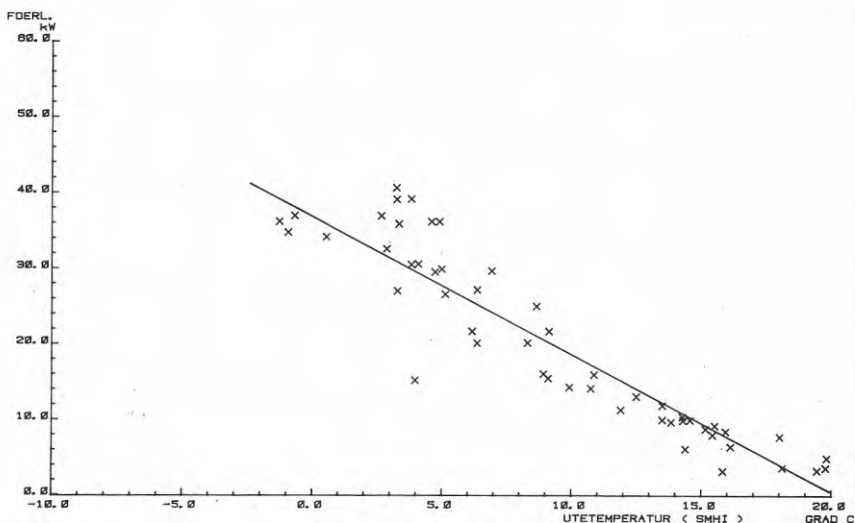


FIG.8.4 Restposten fjärrvärme-vv-vvc-radiator som funktion av utetemperaturen

En lägre reglerkurva ger förutom besparingen i värme till lägenheter även väsentligt lägre kulvert- och undercentralsförluster. I TAB.8.3 redovisas en sammanställning av fjärrvärmefördelningen före åtgärd period 1 och efter åtgärd period 4 enligt TAB.7.4 med cirkulationspump avstängd sommartid.

Av tabellen framgår att av den totala besparingen 56 kWh/m^2 kan drygt 40% hänföras till sänkning av förlustposten. Förlusterna minskas från 50 kWh/m^2 till 26 kWh/m^2 dvs drygt hälften. Förlusterna motsvarar före åtgärd radiatorenergi för ca 1.5 "medelhus" inom kvarteret och efter åtgärd ca ett "medelhus".

Kulverten mellan husen är en så kallad lerrörskulvert. Ytterhöljet består av två koncentriska lerrör med diametrarna 500 och 600 mm. Stålrören till radiatorsystemet fram och retur har diametern 80 mm med 40 mm isolering. VVC-slingan har 25 mm isolering. Sammanlagd kulvertlängd mellan husen är 105 m. Detta innebär att om samtliga förluster hänförs till kulvertar så avger rören under eldningssäsong före åtgärd 447 W/m och efter åtgärd 231 W/m. Detta förefaller mycket, men är också en uppskattning i överkant eftersom det finns förluster i t ex undercentral. Ledningsisoleringens egenskaper och kvalitet är okända.

Även vvc-förlusterna är stora vilket bl a beror på att husen har en övre fördelning av vvs-ledningarna på kalla vindar.

8.3 Transmissionsförluster, ventilationsförluster och gratisenergi, kv Hussvalan

Husens transmissionsförluster kan uppskattas genom att avsätta uppmätta effekter som funktion av temperaturskillnaden inne-ute. Detta förfarande fungerar utmärkt om reglerkurvan är tillräckligt lågt ställd så att de boende inte ökar vädringen för att dra ner eventuella övertemperaturer. Ökad vädring förvränger sambandet så att synbarligen lägre specifika förluster erhålles eftersom benägenheten till vädring ökar med minskad temperaturskillnad inne-ute.

För föremättningsperioden gäller att innetemperaturen har varit så hög att ökad vädring kan förmodas. Enligt TAB.7.12 ligger temperaturnivån kring 23.0-23.5 °C och maximala temperaturer över 24 °C har uppmätts för kvarteret Hussvalan under eldningssäsong. Observera att dessa temperaturuppgifter avser medeltemperaturen över en hel vecka. Kortvarigt kan innetemperaturen utan vädring ha varit betydligt högre. Under eftertermättningsperioden period 4 är temperaturnivån ca 1 °C lägre än tidigare och en beräkning av specifika förluster är här säkrare att genomföra men ligger sannolikt även här något högt. Under eftertermättningsperiod 4 har för kv Hussvalan följande i TAB.8.4 redovisade specifika förluster beräknats genom anpassning av ett rätlinjigt samband till uppmätta effekter som funktion av temperaturskillnaden inne-ute.

Transmissions- plus ventilationsförlusterna beräknade för ett helt normalår blir med innetemperaturen 22.3 °C ($\Delta T = 14.4$) 1508 MWh.

Tillskott av "gratisenergi" i form av personvärme och solinstrålning har beräknats teoretiskt. De boende beräknas tillföra bostäderna 1.2 kWh/dygn och person. Med 155 st hyresgäster blir tillgänglig energi 68 kWh/år.

Solinstrålningen har beräknats enligt BKL-metoden (1). Beräkningarna har genomförts med förutsättningarna 2-glas och med på ritning uppmätta fönsterareor i respektive väderstreck. Solinstrålningen mot fönster har reducerats med 50% för att beakta användandet av gardiner, persienner mm. Solinstrålningsdata för Malmö 1971 har använts. 1971 är i genomsnitt ett något soligare år än normalt vilket även motiverar en reducering. Beräknad tillgänglig energi från solinstrålning blir 204 MWh/år. Med luftomsättningen 0.37 h⁻¹ blir ventilationsförlusterna 269 MWh/år. I FIG.8.5 redovisas uppställd värmebalans för kvarteret Hussvalan.

TAB.8.4 Specifika förluster och parallellförskjutning från origo, kv Hussvalan

Hus	Specifika förluster W/°C	Avvikelse från origo °C
A	2384	7.3
B	2475	8.0
C	2244	7.6
D	2039	6.8
E	2980	6.4
TOTALT	12122	MEDEL 7.2

TAB.8.5 Areor, k-värden och summa kA för fönster och vindsbjälklag för kv Hussvalan före och efter åtgärd

HUS	FÖNSTER					VINDSBJÄLKLAG				
	Area	Före k	Efter ΣkA	Före k	Efter ΣkA	Area	Före k	Efter ΣkA	Före k	Efter ΣkA
A	201	2.5	503	1.9	382	470	0.97	456	0.21	99
	9	2.5	23	2.5	23	45	0.97	44	0.97	44
	4	5.0	20	5.0	20					
B	210	2.5	525	2.5	525	470	0.97	456	0.21	99
	4	5.0	20	5.0	20	45	0.97	44	0.97	44
C	148	2.5	370	1.9	281	310	0.93	288	0.26	81
	1	2.5	3	2.5	3	30	0.93	28	0.93	28
	3	5.0	15	5.0	15					
D	147	2.5	368	2.5	368	310	0.75	233	0.26	81
	3	5.0	15	5.0	15	30	0.75	23	0.75	23
E	140	2.5	350	1.9	266	417	0.75	313	0.26	108
	13	2.5	33	2.5	33	30	0.75	23	0.75	23
	124	5.0	620	5.0	620					
TOTALT										
	1007		2845		2551	2157		1908		630

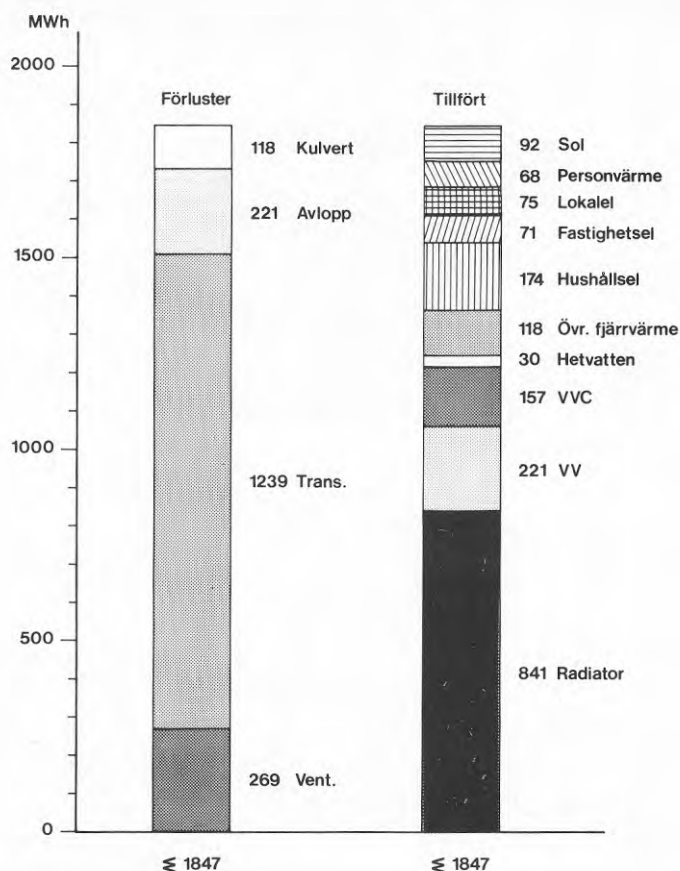


FIG.8.5 Årsenergibalans kv Hussvalan under ett normalår 1951-1980 med innetemperaturen 22.3°C efter åtgärd.

I FIG.8.5 har vissa energimängder mätts och andra uppskattats. I höger energistapel har all fjärrvärme mätts inkl de flesta av dess delposter. Samtliga elförbrukningar är mätta för hela 1983 och har använts oförändrade för normalåret. Personvärme är en uppskattning utifrån antal boende. Solbidraget har erhållits som en restpost vid jämförelse med förluststapeln. Förluststapelns storlek och uppdelning i delposter är osäkrare dock är angivna beräknade energimängder baserade på mätningar. Avloppsförlusterna är uppskattade som den energi som åtgår för tappvarmvattenproduktion. Kulvertförlusterna beräknas som en

restpost vid mätning av fjärrvärmeenergi. Restposten 92 MWh i FIG.8.5 kan tolkas som solbidraget och skall jämföras med teoretiskt beräknat tillgänglig solenergi 204 MWh. Uppmätt solbidrag är som väntat betydligt lägre än teoretiskt beräknat.

Teoretiskt beräknade transmissionsförluster för vindsbjälklag och fönster har beräknats före och efter åtgärd. Gällande areor, k-värden och summa kA presenteras i TAB.8.5.

Förbättringen av fönstren medför en teoretisk minskning av transmissionsförlusterna med 36 MWh för ett normalår eller 2% av transmissions + ventilationsförlusterna. Begränsade förändringar av denna storleksordning kan normalt sett med denna typ av mätningar aldrig fastställas i fältförsök.

Förbättringen av vindsbjälklagen resulterar i en teoretisk minskning av transmissionsförlusterna med 164 MWh/år eller 11% av transmission + ventilationsförlusterna eller 9% av totala förlusterna enligt FIG.8.5. För en eldningssäsong motsvarar fönsterförbättringen och vindsisoleringen teoretiskt 200 MWh eller 15% besparing av köpt fjärrvärmeenergi.

Minskningen av transmissionsförluster genom mätning har ej kunnat uppmätas på grund av att hyresgästerna troligen har kompenserat höga innetemperaturer med ökad vädring i stor utsträckning under föremättningsperioden. De i TAB.7.5 angivna besparingarna under period 1-5 där period 5 har haft i stort sett samma innetemperatur som under föreperioden indikerar dock att en viss besparing erhållits totalt för samtliga hus. I TAB.7.5 angiven besparing är för samtliga hus med avstängd cirkulationspump sommartid 116 MWh eller 8% av transmissions + ventilationsförluster.

Till viss del har säkerligen den förbättrade vindsisoleringen utnyttjats för förhöjd innetemperatur och verklig besparing bör därför bli lägre än teoretiskt beräknad. En lägre energiförbrukning förutsätter ju att en lägre reglerkurva kan väljas. Med lite högre temperaturer i översta lägenheterna så kan klagomålen från hyresgästerna förväntas komma vid en något lägre reglerkurva än tidigare.

Varje grads temperatursänkning motsvarar en sänkning av transmissions- och ventilationsförlusterna med 106 MWh/år eller 6.8%. Med en sänkning från 22.5 °C till 20.5 °C erhålls en sänkning med 212 MWh/år svarande till ca 14%. Räknat på en eldningssäsong blir besparingen ca 90 MWh/år, °C eller 7% av köpt fjärrvärmeenergi.

Termostatventilernas funktion har inte i detalj studerats men markanta minskningar i flödet under varma veckor har observerats. Att utifrån detta bedöma eventuell energibesparande effekt är däremot svårt. Termostaterna tycks dock ha en högt satt maxbegränsning eftersom tidigare under föremätningen höga innetemperaturer vid hög reglerkurva utan svårigheter kan uppnås. Vid låg reglerkurva som under eftermätningarna period 4 dominerar reglercentralens funktion så att radiatortermostaterna inte har någon nämnvärd funktion. Någon uttalad minskning av flödena har därför ej kunnat observeras under denna period.

8.4 Transmissionsförluster, ventilationsförluster och gratisenergi, kv Erikstorp

Motsvarande analys för kv Erikstorp ger följande resultat. Specifika förluster enligt sambandet effekt mot temperaturskillnad inne-ute blir 2637 W/°C. Avvikelse från origo är 4.6 °C. Transmissions- plus ventilationsförlusterna för ett helt normalår blir med innetemperaturen 23.5 °C ($\Delta T = 15.6$) 345 MWh.

Tillskott från boende blir med 1.2 kWh/person och dygn och 31 hyresgäster ca 14 MWh.

Solinstrålning beräknad enligt BKL-metoden ger för 2-glas 40 MWh och för 3-glas 36 MWh per år. Härvid förutsattes solinstrålningen reducerad med 50%.

Ventilationsförluster beräknas med hjälp av uppmätt luftomsättning 0.88 h⁻¹ dagtid och i storleksordning halverad nattetid under 10 h. Beräknad luftomsättning blir i medeltal

0.7 h^{-1} . Ventilationsförlusterna blir därmed 124 MWh/år.

I FIG.8.6 redovisas uppställd värmebalans under ett normalår för kv Erikstorp. Balansen gäller approximativt även för föremättningsperioden.

I TAB.8.6 sammanställs k-värden, areor och summa kA för vindsbjälklag och fönster för kv Erikstorp.

Förbättringen av fönstren innebär 20 MWh eller 5% minskning av transmissions- + ventilationsförlusterna för ett helt år. Minskningen för det förbättrade vindsbjälklaget uppgår till 16 MWh motsvarande 4%. För en eldningssäsong blir den totala besparingen 32 MWh eller 13% av total fjärrvärmeenergi.

Från mätningarna har endast ca 9 MWh besparing konstaterats. Detta har tolkats som att någon ändring av reglerkurvan inte har skett och att eventuella ökade innetemperaturer i den mån de har uppstått har kompenserats med ökad vädring. Varje grads temperatursänkning motsvarar en sänkning av transmissions- och ventilationsförlusterna för ett helt år med ca 24 MWh/år eller 6.5%. En sänkning av innetemperaturen från 23.5°C till 20.5°C i genomsnitt skulle då motsvara 72 MWh/år eller närmare 20% minskning. Räknat på en eldningssäsong blir besparingen ca 16 MWh/år, $^{\circ}\text{C}$ eller 6% av köpt fjärrvärmeenergi.

TAB.8.6 Areor, k-värden och summa kA för vindsbjälklag och fönster före och efter åtgärd, kv Erikstorp

Eriks- torp	FÖNSTER				VINDSBJÄLKLAG				
	Före		Efter		Före		Efter		
Area	k	ΣkA	k	ΣkA	Area	k	ΣkA	k	ΣkA
166	2.9	482	2.0	333	245	0.75	184	0.26	64

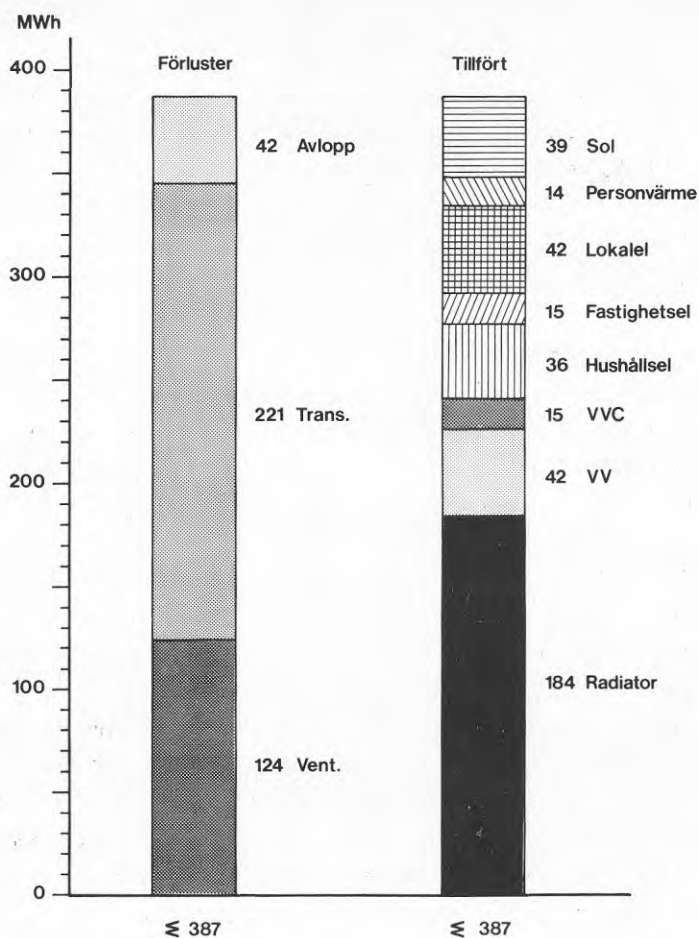


FIG.8.6 Årsenergibalans, kv Erikstorp, under ett normalår
1951-1980 med innetemperaturen 23.5 °C

9 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

9.1 Undersökningsmetod

Projektets principiella tillvägagångssätt har varit att utföra föremätningar och därefter genomföra energisparåtgärder samt slutligen genom eftermätningar konstatera vilka energisparresultat som erhållits.

Av tidsskäl och nödvändigheten av att klimatkorrigera uppmätta energier har mätningarna fastställt samband mellan veckomedel-effekt och utetemperatur. Årsenergibehoven har beräknats härur med hjälp av månadsmedeltemperaturer för ett normalår, före och efter åtgärd.

9.2 Genomförandeproblematik och informationsfrågor

I projektet har genomförandeskedet i vissa fall haft onormalt lång tidsutsträckning, se t ex FIG.6.1. Såväl administrativa som tekniska hinder har inverkat på genomförandetiden. För exempelvis Hussvalan hade i maj 1984 ännu ingen injustering utförts av värmesystemet. Vid stickprovskontroll har också vissa brister konstaterats beträffande utförandet av sparåtgärderna.

Det kan med detta som bakgrund förmodas att redovisade besparingar ej avser fullt genomförda sparåtgärder. Ett allmänt konstaterande är att energisparresultatet är starkt beroende av kvaliteten på alla skeden i byggprocessen. Det gäller såväl anbudshandlingar, arbetshandlingar, upphandling, entreprenad-arbeten, kontroll och besiktning.

Energisparandet skall ske utan någon nämnvärd komfortförsämring för hyresgästerna. I den av konsulterna kalkylerade energibesparingen ingår som den viktigaste faktorn att lufttemperaturen i lägenheterna kan sänkas. För att klara den sänkta lufttemperaturen och för att upprätthålla den operativa temperaturen föreslogs åtgärderna 3:e rutan och tätning.

Sparåtgärderna leder emellertid till vissa olägenheter för hyresgästerna. I ex har 3:e rutan medfört ökat arbete för putsning och försvårat åtkomligheten av fönstervred och persiennsnören. Tätningen har varit tvivelaktig som åtgärd genom att den koncentrerar nödvändig lufttillförsel till punkter med ofullständig tätning. Härigenom minskar eventuellt luftomsättningen totalt men kan upplevas som större genom lokalt högre lufthastigheter. Även baksug i ventilationskanaler i kv Hussvalan konstaterades i några fall efter tätningsåtgärderna. Fungerande termostatventiler eller sänkt reglerkurva som medför att delar av radiatorytan är kall uppfattas ofta av hyresgästerna som funktionsfel trots samma innetemperatur som under perioder med varma radiatorer. Detta leder till klagomål inför fastighetsförvaltaren eller åverkan på termostatventilerna.

En annan mycket viktig informationsdel som inte beaktats tillräckligt är informationen till/från fastighetsskötarna. Fastighetsskötarna har en nyckelställning eftersom de sköter reglercentralen. En sänkning av innetemperaturen är en ganska långdragen process på flera år för att vänja hyresgästerna vid en lägre temperaturnivå. Under denna period måste lägenhetstemperaturerna följas upp med mätningar och eventuellt justeringar göras för att kompensera i utsatta kalla lägenheter. Det går inte att hitta den "rätta" reglerkurvan direkt, utan fastighetsskötaren måste pröva sig fram.

9.3 Resultat kv Hussvalan

9.3.1 Utvärderingsperioder, kv Hussvalan

En bedömning av energibesparingen inom kv Hussvalan kan göras dels med energistatistik för några år tillbaka i tiden som föreförbrukning och dels med uppmätta energiförbrukningar för definierad föremättningsperiod som bas. Nackdelen med energistatistiken är att mätningarna då endast innefattar total fjärrvärme. Uppdelning mellan hus är därför ej möjlig. Likaså finns inga mätningar av innetemperatur. Fördelen är att slumpmässiga variationer i energiförbrukningen under kortare perioder inte får överdrivet stor betydelse i utvärderingsarbetet.

Nackdelen med föremättningsperioden som jämförelse är att förhållandena under denna inte nödvändigtvis behöver vara representativa för huset innan energisparåtgärder vidtagits. En tillfällig uppgång i energiförbrukningen under föremättningsperioden medför en direkt överskattning av årsförbrukningen.

Det som talar mest mot aktuell föremättningsperiod är det faktum att radiatortermostatventilernas ventilhus monterades redan innan föremätningen. Detta innebär dels att ventilens termostatfunktion är satt ur spel och dels att den instrypning som fanns, med den gamla manuella radiatorventilen, togs bort. Detta leder naturligtvis till ökad energiförbrukning. Att dessutom flertalet nya radiatorventiler felmonterades, så att felaktiga kv-värden erhöles vid respektive radiator, förbättrar inte situationen. Felaktiga kv-värden innebär att vissa radiatorer nu blivit för kraftigt instrypta. Det kan därför inte uteslutas att detta, efter klagomål från drabbade hyresgäster, kompenseras med en höjd reglerkurva.

9.3.2 Energibesparing, kv Hussvalan

Med stöd av det ovan sagda redovisas besparingen med tidigare förbrukningsstatistik som föremättningsförbrukning. Förbrukningsstatistiken för kv Hussvalan redovisas i TAB.7.1. Med kännedom om mätfelet redovisade i TAB.8.2 skall förbrukningsvärdena korrigeras uppåt med 1.2%.

Medelvärde för eldningsåren 78/79, 79/80 och 80/81 blir med mätfelskorrigering 1548 MWh eller 250 kWh/m^2 , år. Från TAB. 7.4 erhålls årsförbrukningar med de 5 utvärderingsperioderna som bas. Dessa skall även korrigeras med mätfelet. Från TAB. 7.6 fås medeltemperaturerna inom kv Hussvalan för utvärderingsperioderna. Resultaten sammanfattas i TAB.9.1.

Från tabellen kan vi konstatera att en besparing på 12% går att uppnå om en sänkning av medelinnemetemperaturen till 22.3°C accepteras. Det förhållande att energiförbrukningen ökar för hösten 84 är anmärkningsvärt. Orsaken är att reglerkurvan har ändrats. Medeltemperaturerna enligt TAB.9.1 visar att tem-

peraturerna hösten 82 till och med våren 83 ligger på ca 22.3 °C och knappast är för låga. Problemet kan här vara avsaknad av injustering vilket ger låga temperaturer i speciellt utsatta lägenheter.

TAB.9.1 Sammanfattning energiförbrukning och innetemperatur, kv Hussvalan.

Förbrukningsperiod	Förbrukning) kWh/m ² år	Medeltemp °C	Besparing i förhållande till statistik %
Statistik			
78/79,79/80,80/81	250	-	0
period 1			
höst 81	278	22.9	+11
period 2			
vinter-vår 82	253	22.8	+1
period 3			
höst 82-vinter 82/83	241	22.2	-4
period 4			
vår 83	221	22.3	-12
period 5			
höst 83	259	23.1	+4

*) Lägenhetsyta + lokallägenhetsyta = 6190 m², mätfelskorrigering +1.2%.

Teoretiskt bör vindsisoleringen och fönsterförbättringen ge en sänkning av energiförbrukningar med ca 32 kWh/m²,år motsvarande 13% av fjärrvärmestatistiken.

Varje grads temperatursänkning motsvarar besparingen 15 kWh/m²,år eller 6% av fjärrvärmestatistiken. Den totala besparingseffekten är således drygt 81% av den teoretiskt möjliga, beräknat som skillnad mellan period 2 och 4.

9.3.3 Avställning av värmesystemet sommartid, kv Hussvalan

Ett av energisparförslagen som ingår i det totala paketet åtgärder är stopp av radiatorsystemets cirkulationspump sommartid. Åtgärden innebär i projekt Hussvalan manuell avstängning. Effekten av en sådan åtgärd beror på hur högt reglerkurvan är ställd. I TAB.7.4 redovisas energiförbrukningar med cirkulationspump igång och avstängd sommartid. Effekten med cirkulationspumpen avstängd i 3 månader blir för utvärderingsperioden 1 ca 6%. Vid en låg reglerkurva som under period 4 fås ingen effekt. Avstängning sommartid är således onödig om "rätt" reglerkurva väljs.

9.3.4 Termostatventiler, kv Hussvalan

Av FIG.7.4 och 7.5 framgår att vattenflödet i radiatorsystemet är tämligen konstant när inga radiatortermostatventiler är monterade. Då radiatortermostatventilerna är monterade varierar flödena maximalt mellan 2 och 5 m³/h.

Trots monterade termostatventiler uppgår innetemperaturen till mellan 23 °C till drygt 24 °C vilket tolkas som att termostaternas maxbegränsningar är för högt inställda. Vid en låg reglerkurva dominerar reglercentralens funktion och radiatortermostaternas reglerförmåga är obetydlig.

9.3.5 Kulvertförluster, kv Hussvalan

Kulvertförlusterna har under utvärderingsperioden 1 beräknats till 272 W/m. Total kulvertlängd är ca 105 m. Med lägre framledningstemperatur minskar kulvertförlusterna väsentligt. För utvärderingsperioden 4 sänks dessa till 173 W/m vilket motsvarar 36% minskning. Även 173 W/m är en relativt hög kulvertförlust och borde med bättre isolering kunna minskas till ca 80 W/m (54 MWh).

9.3.6 VVC-förluster och tappvarmvattenenergi, kv Hussvalan

Energi för varmvattencirkulationen uppgår till 155 MWh eller ca 200 W/lgh,år. Totala energin för tappvarmvattenförbrukningen är 221 MWh/år. VVC-energin är uppseendeväckande stor och beror på dåligt isolerade rör i kombination av en övre fördelning av varmvattnet på kalla vindar. Även i kulvertsystemet återfinns vvc-förluster som kan minskas. En rimlig bedömning är att dessa förluster skulle kunna minskas med i storleksordningen 50% eller 78 MWh/år. Tappvarmvattentemperaturen har varit ca 55 °C och kan utan större komplikation sänkas till 50 °C vilket ger energi till tappvarmvatten 196 MWh.

Totala vattenförbrukningen är 145 m³/lgh och lokal,år och varmvattenförbrukningen 44 m³/lgh och lokal,år. Även här borde vissa besparingar vara möjliga.

9.3.7 Möjliga energibesparingar, kv Hussvalan

Under förutsättning att nedanstående åtgärder är möjliga beräknas en rimlig besparing. Som utgångsläge använder vi period 4 med en tidigare besparing på 12%.

TAB.9.2 Föreslagna energisparåtgärder

Åtgärd	Besparing kWh/m ² ,år
Sänkning av reglerkurva 22.3 till 22.0	5
Minska VVC-förluster med 50%	13
Minska kulvertförluster till 80 W/m	10
Minska vv-temperatur till 50 °C	4
Minska vattenförbrukning (vv-förbrukning med 10%)	3
SUMMA	35

Totalt erhålls en möjlig besparing av 35 kWh/m^2 vilket motsvarar 14% av medelförbrukningen enligt statistik för eldningsåren 78/79, 79/80 och 80/81 och totalt med tidigare sänkning enligt period 4 fås den totala besparingen 64 kWh/m^3 eller 26%. Energiförbrukningen efter samtliga åtgärder blir då 186 kWh/m^2 , år eller 1151 MWh/år.

9.4 Resultat kv Erikstorp

9.4.1 Utvärderingsperioder, kv Erikstorp

Av FIG.7.9 och TAB.7.8 framgår att den normalårskorrigerade fjärrvärmeförbrukningen från 74/75 t o m kalenderåret 85 i stort sett har haft tre olika nivåer. En sänkning av förbrukningen som inträffar för eldningsåret 79/80 förmodas bero på införandet av tidsstyrda frånluftsfläktar. Ytterligare en sänkning inträffar eldningsåret 81/82.

Denna förändring kan ej förklaras men sammanfaller tidsmässigt med arbeten på värmeanläggningen bl a montering av stamregleringsventiler i öppet läge. Dessa bör dock ej ha påverkat energiförbrukningen nämnvärt. Den sannolikaste orsaken är att reglerkurvan har sänkts något. Om så är fallet har innetemperaturerna före 81/82 varit närmare 25°C i genomsnitt under eldningssäsongen.

Som lämplig föremåtningsperiod har den i FIG.7.10 markerade perioden A (våren 82) valts att jämföras med efterperioden C (hösten 83).

9.4.2 Energibesparing, kv Erikstorp

Med de i TAB.7.11 redovisade normalårsförbrukningarna och de uppmätta mätfehlen enligt TAB.8.2 beräknas korrigerade förbrukningar och besparingar. Resultaten sammanställs i TAB.9.3 tillsammans med medeltemperaturer för respektive period.

TAB.9.3 Sammanfattning energiförbrukning, kv Erikstorp

Förbrukningsperiod	Förbrukning kWh/m ² ,år *	Medeltemp °C	Besparing %
period A (våren 82)	183	23.7	0
period C (hösten 83)	173	23.6	6

* Lägenhetsyta = 1397 m²

Det kan konstateras att besparingen är endast blygsamma 6% i förhållande till föremättningsperioden. Besparingen genom sänkta transmissionsförluster med hjälp av den 3:e rutan och vindsisoleringen skulle teoretiskt uppgå till ca 13% av årsförbrukningen. Dvs endast ca halva effekten av åtgärderna har kunnat uppmätas. För varje grads sänkning av innetemperaturen blir reduktionen i energiförbrukningen ca 12 kWh/m²,år eller ca 6%.

9.4.3 Avställning av värmesystem sommartid, kv Erikstorp

Av TAB.8.2 framgår att en marginell skillnad finns mellan energiförbrukningen med värmesystemet avställt sommartid jämfört med då cirkulationspumpen går hela året. Skillnaden är endast 2%. Om en lägre reglerkurva väljs uppstår ingen skillnad mellan de två alternativen.

9.4.4 Termostatventiler, kv Erikstorp

För Erikstorp kan vi inte uttala oss om radiatortermostatventilernas funktion eftersom inga mätningar har genomförts på radiatorsystemets flöden. De registrerade innetemperaturerna på drygt 23.5 °C som veckomedeltemperatur indikerar dock att maxbegränsningen för radiatortermostatventilerna är för högt inställd.

9.4.5 VVC-förluster och tappvattenenergi, kv Erikstorp

Energi för varmvattencirkulationen uppgår till 16 MWh/år och för tappvattenuppvärmningen 42 MWh/år. VVC-förlusterna motsvarar 76 W/lgh,år eller i storleksordningen 7 W/m rör. Vid besiktning har konstaterats att rörisoleringen på vinden är i mycket dåligt skick. En förbättrad rörisolering kan möjligen halvera förlusterna på vinden, innebärande en minskning av vvc-förlusterna till 14 MWh.

Tappvarmvattentemperaturen har varit hög, över 55 °C, och bör kunna sänkas till 50 °C. Energi för tappvarmvatten minskar då till 38 MWh/år.

Totala vattenförbrukningen är 92 m³/lgh,år och varmvattenförbrukningen 33 m³/lgh,år.

9.4.6 Möjliga energibesparingar, kv Erikstorp

Nedan i TAB.9.4 uppräknade besparingsåtgärder bedöms som rimliga.

TAB.9.4 Föreslagna energisparåtgärder

Åtgärd	Besparing kWh/m ² år
Sänkning av reglerkurva, 23.6 till 22.0 °C	19
Minska vvc-förluster genom rörisolering på vind.	1
Minska vv-temperatur till 50 °C	3
Summa	23

Totalt erhålls således en möjlig besparing av 23 kWh/m²,år vilket motsvarar ca 13% av förbrukningen före åtgärd.

Med tidigare sänkning enligt TAB.9.3 fås en total besparing med 33 kWh/m^2 ,år eller 18%. Energiförbrukningen efter samtliga åtgärder blir då 150 kWh/m^2 ,år eller 210 MWh/år.

9.5 Resultat Kroksbäck

9.5.1 Utvärderingsperioder, Kroksbäck

Inom Kroksbäcksområdet har inga föremätningar genomförts och förbrukningsstatistiken enligt FIG.7.14 är de enda uppgifter som kan ligga till grund för jämförelser. Som eftermättningsperiod har hösten 83 - våren 84 valts.

9.5.2 Energibesparing, Kroksbäck

Av energistatistiken framgår att inom Sörbäck, hus 9 och 10, är förbrukningen mellan eldningsåren 77/78 till och med 80/81 $100 \pm 10 \text{ kWh/m}^2$,år. Motsvarande förbrukning för Norrbäck, hus 3 och 4 är $145 \pm 25 \text{ kWh/m}^2$,år. Under eftermättningsperioden har energiförbrukningen för Sörbäck beräknats till 90 kWh/m^2 ,år och för Norrbäck 105 kWh/m^2 ,år.

Medeltemperaturen inomhus under vintern 83/84 för resp hus har varit omkring

Hus 3	22.0°C
Hus 4	21.2°C
Hus 9	20.2°C
Hus 10	20.2°C

9.5.3 Värmepumpar, Kroksbäck

Värmepumparna är installerade i hus 3, 4 och 9 inom Kroksbäck. I hus 3 avges energin till radiatorsystemet och i hus 4 och 9 produceras tappvarmvatten.

Värmepumparna i hus 3 och 9 har fungerat tillfredsställande medan installationen i hus 4 har varit bristfällig med bl a kompressorhaveri. Uppmätta prestanda framgår av FIG.7.19, 7.20 och 7.21. För redovisade data gäller att dessa avser endast värmepumpen och således ej hela installationen med ackumulatorer mm.

I TAB.9.5 redovisas uppmätta prestanda för värmepumpar inom Kroksbäck.

TAB.9.5 Uppmätta prestanda för värmepumpar, Kroksbäck

Hus	Värmefaktor	Drifttid	Anm
3	2.5	80%	klarar 35% av uppvärmningsbehovet
4	1.2	50%	Bristfällig funktion
9	3.1-3.3	74%	Klarar hela tappvattenproduktionen

10 KOMPLETTERANDE MÄTNINGAR KV HUSSVALAN 84/85

10.1 Bakgrund

Under perioden 84.11.26-85.06.17 har på MKB's begäran kompletterande mätningar genomförts inom kv Hussvalan. Målsättningen med dessa mätningar har varit att säkrare fastställa energiförbrukningen efter åtgärd. Bland annat bör under denna mätperiod problemen med smuts och igensättning av radiatorventilerna vara undanröjda. Dessutom har en ca 6 m³ tank för varmvatten kopplats ur och vvc-förlusterna bör därför ha sänkts något. Även vissa isoleringsarbeten av rör på vinden har genomförts. Vidare har enligt MKB en ny injustering av värmeanläggningen genomförts kring årsskiftet 84/85.

I området har inga flyttningar skett sedan de tidigare mätningarna. I hus E har en matbutik utökat sina försäljningsytor inom tidigare lagerlokaler och förnyat sina kyldiskar. I hus E finns även en lokal som utnyttjas av MKB. Denna lokal används dock sällan och värms därför numera mycket sparsamt.

10.2 Mätförfarande och mätutrustning

De kompletterande mätningarna har genomförts med samma utrustning som vid tidigare mätningar. Utrustningen och omfattningen av mätningarna har redovisats i kapitel 6. Vattenmätarna kalibrerades vid Mätarverkstaden i Malmö våren 1984 och har nu efter avslutade mätningar sommaren 1985 ånyo kalibrerats. Kalibreringarna visar på oförändrade felvisningar.

Kontaktverken har för vissa vattenmätare bytts ut så att upplösningen i samtliga hus nu är 1 kWh/puls.

Under en kortare period har även mätningar skett med ett datorbaserat mätsystem för att möjliggöra timregistreringar. Mätsystemet beskrivs i rapport (2). Från dessa mätningar har reglersystemets funktion under varierande driftsförhållanden kunnat studeras. Följande har uppmätts varje timme

- Utetemperatur
- Framlednings- och returledningstemperatur radiatorer
- Varmvattentemperatur och vvc-returens temperatur
- Fjärrvärmetemperatur för tillopp och retur
- Hetvattentemperatur för tillopp och retur
- Kallvattentemperatur
- Fjärrvärmeenergi
- Energi och vattenmängd till radiatorer i hus A
- Energi och vattenmängd till radiatorer i hus C
- Energi och vattenmängd till vvc

Nedanstående mätresultat bygger på redovisningen i rapport (3).

10.3 Mätresultat veckoavläsningar

På samma sätt som i avsnitt 7.1.3 har energiförbrukningen under ett normalår (1951-1980) beräknats utifrån uppmätt samband mellan veckomedeleffekt och veckans medelutetemperatur. Beräknade årsenergier har korrigerats med avseende på de vid kalibreringen konstaterade mätfelen. Resultaten redovisas i TAB.10.1.

Medeltemperaturen har under mätperioden varit 22.9°C vilket skall jämföras med 23.1°C under hösten 1983. Som framgår av TAB.10.1 är det inom hus A-D inga drastiska förändringar som har skett. För hus E och posten vvc har energiförbrukningen minskat med ca 10% respektive 27%.

Minskningen av vvc-förlusterna måste tillskrivas förbättringen av ledningsisolering samt bortkopplingen av varmvattentank.

Den minskade förbrukningen för hus E beror bland annat på att MKB's lokal hålls vid låga temperaturer, t ex var temperaturen endast ca 19.5°C under årets 6 första veckor. Från mätningarna har dessutom konstaterats att vattenflödet till radiatorsystemet i hus E har minskat med ca $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ jämfört med föregående mätperiod. Temperaturdifferensen mellan fram- och returledning är ca $2-3.5^{\circ}\text{C}$ större än för de övriga husen

och medeltemperaturen i hus E är 0.4 °C lägre än medelvärdet för de övriga. Den ändrade flödesfördelningen har påverkat energiförbrukningen till en viss del.

TAB.10.1 Normalårsförbrukning i MWh för kv Hussvalan beräknat utifrån uppmätta samband under perioden 1985 vecka 1 till och med 20. Övre rad inom resp hus anger förbrukning med cirkulationspump igång hela året och undre rad med cirkulationspump stängd juni till och med aug. Värderna inom parentes anger förbrukning i kWh/m². Energiförbrukningarna jämförs med tidigare mätperiod 5.

Energipost	Period	
	1985 vecka 1-20	Hösten 1983
Hus A	219 (157) 204 (146)	214 (153) 195 (140)
Hus B	224 (161) 212 (152)	224 (161) 203 (146)
Hus C	199 (182) 184 (170)	187 (173) 172 (158)
Hus D	169 (180) 156 (166)	177 (188) 161 (172)
Hus E	223 (162) 216 (157)	260 (189) 238 (173)
TOTALT	1005 (162) 945 (153)	1062 (171) 969 (157)
vvc	114 (18)	157 (25)
vv	221 (36)	221 (36)
Fjärr- värme	1416 (229) 1371 (221)	1678 (271) 1582 (255)
		1698 (274)* 1601 (259)*

*inklusive mätfelskorrigering

10.4 Mätresultat timmätningar

Mätningarna som genomförts med mätintervallet 1 h medför att funktionen hos radiatortermostater och reglercentralens funktion kan diskuteras.

I FIG.10.1 redovisas vattenflödets variation till radiatorsystemet i hus A resp C. Figuren gäller för en kall (ca -10°C ute) och solig period i februari månad. På grund av de små flödesvariationerna trots solinstrålning under dagtid kan vi säga att termostatventilernas funktion inte är tillfredsställande eller att deras maxbegränsningar är för högt satta i hus C. Innetemperaturen under mättillfället för hus A och C är 23.8 resp 23.0°C . Då medeltemperaturen för en hel vecka uppnår 23.8°C i hus A kan en flödesbegränsning konstateras enligt figuren. Detta innebär att maximala temperaturer troligen varit upp emot 26°C i hus A's lägenheter.

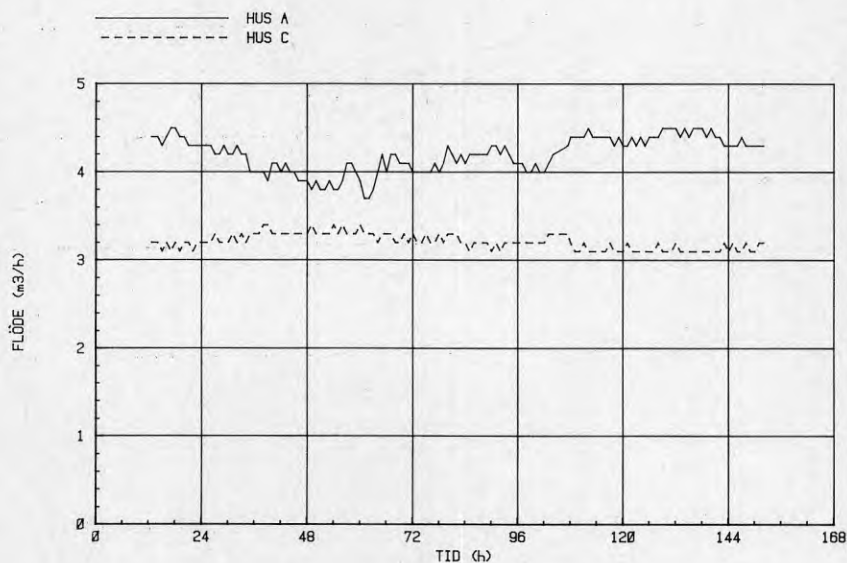


FIG.10.1 Vattenflödets variation till radiatorsystemen i hus A och C.

I FIG.10.2 illustreras reglerkurvans utseende, dvs framledningstemperaturen som funktion av utemperaturen. Reglercentralens inställning är kurva 2.0 med parallellförskjutning +2 i skåpet och 0/0 utanpå skåpet, dvs utan nattsänkning. Av figuren framgår tydligt att trots detta startar nattsänkningen kl 2300 och upphör 0700. Om vi bortser från kurvans utseende under nattsänkningen återstår trots detta en hysteres på ca 4 °C mellan förmiddag och eftermiddag. Nattsänkningseffekten kunde endast elimineras genom att mekaniskt bortkoppla nattsänkningen.

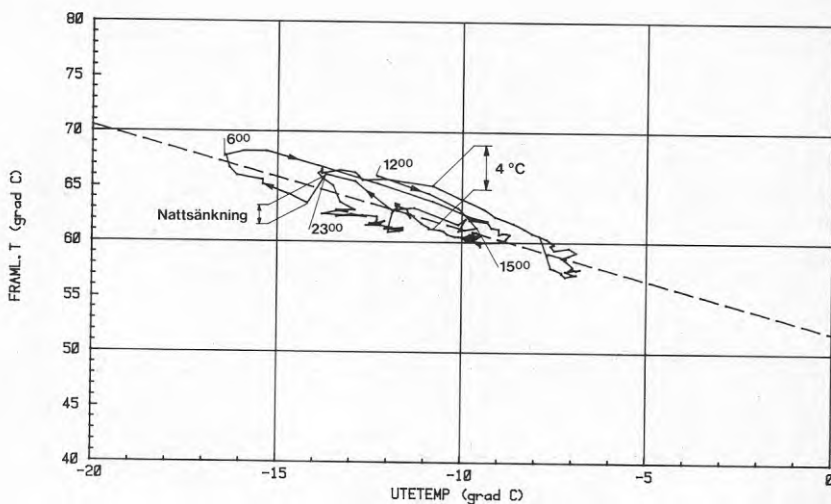


FIG.10.2 Framledningstemperaturen som funktion av utemperaturen med nollställd nattsänkning.

I FIG.10.3 redovisas motsvarande samband när nattsänkningen är mekaniskt bortkopplad. Nattsänkningen är nu helt borta men en hysteres på ca 4 °C kvarstår.

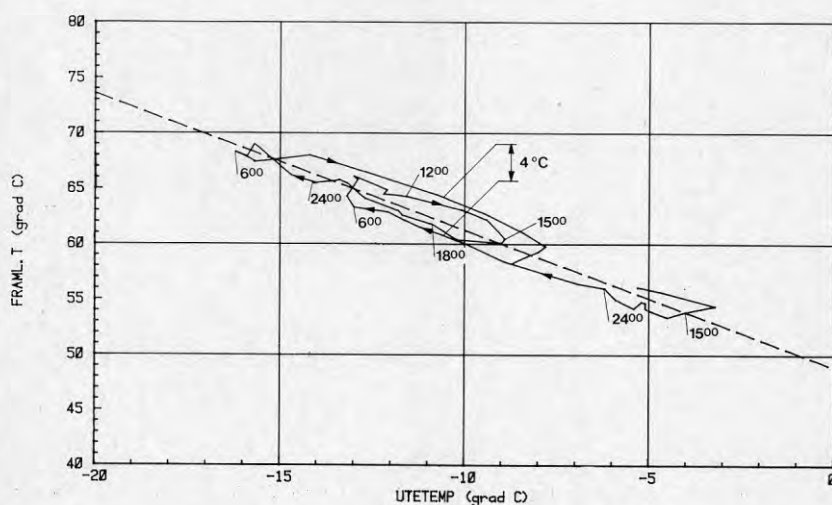


FIG.10.3 Framledningstemperaturen som funktion av utetempera-
turen med mekaniskt bortkopplad nattsänkning.

Efter att reglercentralens utetemperaturgivare på norrfasaden monterats på ca 50 mm långa distanser från fasaden minskades hysteresen för reglerkurvan enligt sambandet i FIG.10.4. Ute-
givarens placering direkt mot fasad kan därför sägas vara
direkt olämplig.

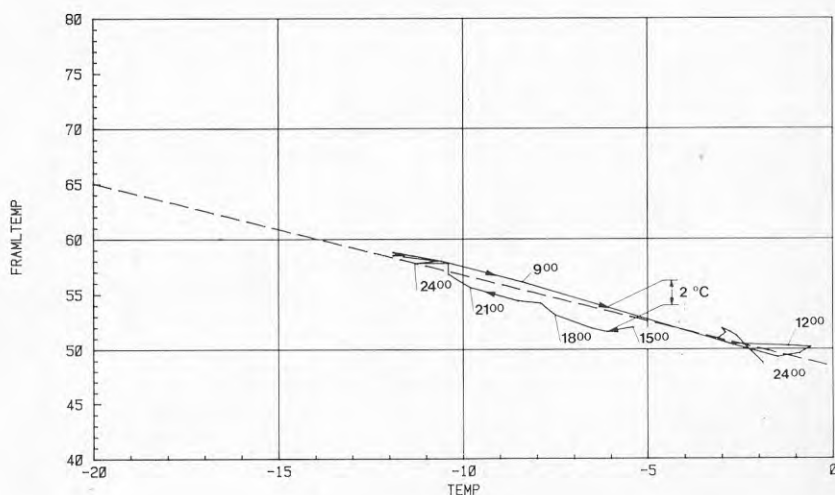


FIG.10.4 Framledningstemperaturen som funktion av utetempera-
turen med mekaniskt bortkopplad nattsänkning och
utegivarens placering på ca 50 mm avstånd från
fasad.

Eftersom vi redan konstaterat att radiatortermostaterna endast
mycket marginellt styr energitillförseln är det av största
vikt att reglercentralens funktion är riktig.

Valet av reglerkurva styr i princip helt energitillförseln och
den i reglercentralen oavsiktliga hystereffekten försvårar
naturligtvis reglercentralens inställning. Det finns ju ingen
anledning att reglera värmeförseln på förmiddag och efter-
middag på två olika sätt.

När hystereseffekt i reglerkurvan nu är eliminerad erhålls ett mycket entydigt samband mellan energitillförseln och utetempe-
raturen enligt FIG.10.5. Sambandet illustrerar med önskvärd
tydlighet den marginella nyttan av det sekundära reglersyste-
met, radiatortermostaterna.

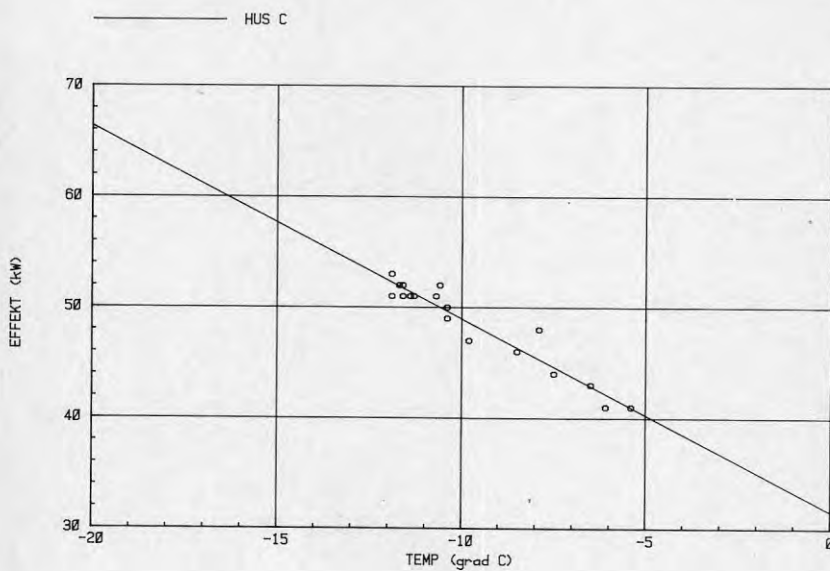


FIG.10.5 Radiatoreffekt som funktion av utetemperaturen i hus C med mekaniskt bortkopplad nattsänkning och utegivarens placering på ca 50 mm avstånd från fasad.

11 REFERENSER

- (1) Källblad, K., Adamson, B., 1984, The BKL-method. A simplified method to predict energy consumption in buildings. Swedish Council for Building Research, Document D8:1984.
- (2) Fredlund, B., 1985, Data acquisition systems and data processing. Department of Building Science, Lund Institute of Technology. Report BKL 1985:2(E).
- (3) Fredlund, B., Lange, E., 1985, Energiteknisk utvärdering av kv Hussvalan Malmö. Uppdrag BKL 1985:2.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830327-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Lunds tekniska
högskola, Institutionen för byggnadskonstruktionslära,
Lund

R59: 1987

ISBN 91-540-4729-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707059

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 48 kr exkl moms